



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**PEMANTAUAN KESEHATAN MULTI-PASIEAN SECARA  
TERPUSAT MENGGUNAKAN PARAMETER-PARAMETER  
VITAL SIGN BERBASIS MIKROKONTROLER DAN PROTOKOL  
TCP/IP**

Muhammad Fajariansyah Ismail  
NRP 2211100094

Dosen Pembimbing  
Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST.,MT  
Arief Kurniawan, ST., MT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 141599**

**CENTRALIZED MULTI-PATIENT HEALTH MONITORING  
SYSTEM USING VITAL SIGNS PARAMETERS BASED ON  
MICROCONTROLLER AND TCP/IP PROTOCOL**

Muhammad Fajariansyah Ismail  
NRP 2211100094

Advisor

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST.,MT  
Arief Kurniawan, ST., MT

Departement of Electrical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**PEMANTAUAN KESEHATAN MULTI-PASIE SECARA  
TERPUSAT MENGGUNAKAN PARAMETER-PARAMETER  
VITAL SIGN BERBASIS MIKROKONTROLER DAN  
PROTOKOL TCP/IP**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

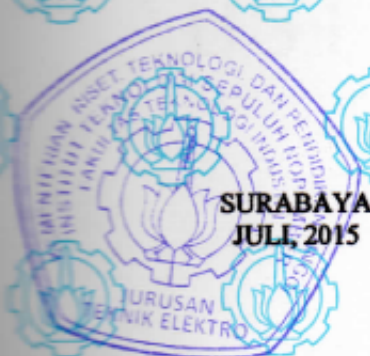


**Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.**  
**NIP. 196907301995121001**

**Dosen Pembimbing II**



**Arief Kurniawan, ST., MT.**  
**NIP. 197409072002121001**



**SURABAYA  
JULI, 2015**

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Muhammad Fajariansyah Ismail  
Judul Tugas Akhir : Pemantauan Kesehatan Multi-Pasien Secara Terpusat Menggunakan Parameter-Parameter *Vital Sign* Berbasis Mikrokontroler dan Protokol TCP/IP  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.  
: 2. Arief Kurniawan, ST., MT.

*Vital Sign* merupakan suatu parameter yang perlu dipantau secara terus menerus oleh paramedis. Untuk mendapatkan nilai *vital sign*, paramedis harus mengunjungi kamar pasien satu persatu. Dengan cara ini, keterbatasan jumlah paramedis akan menyebabkan pemantauan *vital sign* menjadi tidak optimal. Selain itu, data yang didapat dari paramedis tidak bersifat real-time. Ditambah lagi monitoring yang tidak terpusat pada satu ruangan akan menyebabkan monitoring semakin sulit dilakukan. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat memantau kesehatan semua pasien secara terpusat. Sistem dibuat dengan mikrokontroler yang tersambung dengan jaringan LAN. Mikrokontroler digunakan untuk mengambil data *vital sign* pasien. Data tersebut kemudian dikirim melalui jaringan untuk disimpan ke dalam *database*. Di ruangan pasien dan paramedis terdapat visualisasi data yang masing-masingnya memiliki fitur yang berbeda. Hasil dari sistem menunjukkan bahwa sistem memiliki nilai galat akuisisi data pada sensor suhu, nafas, dan detak jantung masing-masing sebesar 4.57%, 47.93% , dan 9.85%. Lalu dalam hal pengiriman data di jaringan, memiliki *throughput downlink & uplink* rata-rata masing-masing 17.61 Kbit/s dan 4.21 Kbit/s. Sistem dapat dibuat untuk memantau secara *real-time* dengan *delay* sebesar 1 ms. Pada pengujian *user-interface* pada aplikasi didapat bahwa fitur-fitur yang diberikan dapat berjalan dengan baik. Didapat kesimpulan bahwa sistem dapat memantau kesehatan pasien dengan data yang dikirimkan melalui jaringan *ethernet* dan dapat divisualisasikan dengan aplikasi berbasis web.

**Kata Kunci:** Pemantauan Kesehatan, *Vital Sign*, Mikrokontroler, *Throughput*, Aplikasi Berbasis Web.

## ABSTRACT

Name : Muhammad Fajariansyah Ismail  
Title : Centralized Multi-Patient Health Monitoring Using Vital Sign Parameters Based on Microcontroller and TCP/IP Protocol  
Advisor : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.  
: 2. Arief Kurniawan, ST., MT.

Vital signs are important parameters which have to be monitored every single time by paramedics. To get these parameters, paramedics have to visit patient's room one by one. This way, monitoring is considered not optimal when the number of active paramedics is limited. Additionally, The patient's vital sign data is not real-time. Besides of that, the monitoring process is not centralized in one room. Because of that, there is an urge to design a centralized system which is able to monitor all patients' vital sign in real-time measure. This system is made with LAN-connected microcontroller. Microcontroller is used for patient's vital sign data acquisition. These data is sent via network in order to be saved to database. Data that is already saved into database is visualized in patient's room and paramedic's room. The features included in patient's room is different to paramedic's room. The evaluation results says that temperature, airflow, and heart beat sensor attached to system have error value 4.57%, 47.93% , and 9.85%. In term of network data flow, system has average uplink and downlink throughput 17.61 Kbit/s and 4.21 Kbit/s. System can be used to monitor in real-time measurement with 1 ms delay. From the system designed in this research, it can be concluded that system can monitor patient's vital sign by using web-based application and can be sent via network.

**Keyword:** Health Monitoring, Vital Sign, Microcontroller, Throughput, Web-Based Application.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul **Pemantauan Kesehatan Multi Pasien Secara Terpusat Menggunakan Parameter-Parameter Vital Sign Berbasis Mikrokontroler dan Protokol TCP/IP**.

Tugas akhir ini dikerjakan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan kelulusan program S1 Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika yang ditempuh oleh penulis. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga Penulis, khususnya orang tua yang selalu memberikan dukungan material dan spiritual kepada penulis.
2. Dr. Ir. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku ketua jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
3. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT. selaku dosen pembimbing I dan Arief Kurniawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan saran dan arahan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Teknik Elektro ITS, khususnya Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika atas ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
5. Teman-teman asisten laboratorium B201 dan angkatan e-51.

Penulis mengharapakan adanya kritik dan saran untuk penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, 5 Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Permasalahan . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan Masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	3
1.6 Relevansi . . . . .	3
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Vital Sign . . . . .	5
2.1.1 Detak Jantung . . . . .	5
2.1.2 Suhu Tubuh . . . . .	5
2.1.3 Tekanan Darah . . . . .	7
2.1.4 Jumlah Nafas . . . . .	7
2.1.5 Saturasi Oksigen . . . . .	7
2.1.6 Rasa Sakit . . . . .	7
2.1.7 Tingkat Kesadaran . . . . .	7
2.1.8 Ekskresi Urin . . . . .	7

2.2	Arsitektur Monitoring E-Health . . . . .	8
2.3	E-Health Shield . . . . .	9
2.3.1	Fungsi pada Sensor Suhu . . . . .	10
2.3.2	Fungsi pada Sensor Nafas . . . . .	11
2.3.3	Fungsi pada Sensor ECG . . . . .	11
2.3.4	Fungsi pada Sensor Tekanan Darah . . . . .	11
2.4	Protokol TCP/IP . . . . .	11
2.4.1	Handshaking . . . . .	11
2.4.2	Mekanisme Pengecekan Tabrakan Data . . . . .	12
2.5	Metode Pengecekan Galat . . . . .	13
2.6	Sistem Tertanam . . . . .	14
<b>3</b>	<b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b>	<b>17</b>
3.1	Desain Sistem . . . . .	17
3.2	Alur Kerja . . . . .	22
3.3	Implementasi Protokol . . . . .	23
3.4	Desain Struktur Data . . . . .	23
3.5	Desain Database . . . . .	24
3.6	Pembuatan Program Sistem Tertanam . . . . .	27
3.7	Pembuatan Perangkat Lunak <i>receiver</i> . . . . .	27
3.8	Pembuatan <i>User-Interface</i> Berbasis Web . . . . .	28
<b>4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b>	<b>31</b>
4.1	Pengujian Program <i>Receiver</i> . . . . .	31
4.2	Pengujian <i>User-Interface</i> . . . . .	32
4.2.1	Pengujian <i>User-Interface</i> Ruangn Pasien . . . . .	32
4.2.2	Pengujian <i>User-Interface</i> Ruangn Paramedis . . . . .	43
4.3	Pengujian Perbandingan Sensor e-Health . . . . .	47
4.3.1	Perbandingan Sensor Suhu . . . . .	47
4.3.2	Perbandingan Sensor ECG . . . . .	48
4.3.3	Perbandingan Sensor Tekanan Darah . . . . .	48
4.3.4	Perbandingan Sensor Nafas . . . . .	48
4.4	Pengujian <i>Throughput</i> . . . . .	49
4.4.1	<i>Throughput</i> Rata-Rata . . . . .	51
4.4.2	<i>Throughput</i> Maksimal . . . . .	52
4.4.3	Total <i>Throughput</i> . . . . .	53
4.5	Pengujian <i>Delay</i> . . . . .	55
4.5.1	Pengujian <i>Delay Single-User</i> . . . . .	56



4.5.2	Pengujian <i>Delay Multi-User</i> . . . . .	57
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>61</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	61
5.2	Saran Untuk Penelitian Selanjutnya . . . . .	61
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>63</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>65</b>
	<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	<b>67</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Konstanta $K_1$ dan $K_2$ . . . . .	10
4.1	Tabel Pengujian Perbandingan Sensor Suhu . . . . .	40
4.2	Tabel Pengujian Perbandingan Sensor Suhu . . . . .	47
4.3	Tabel Pengujian Sensor ECG . . . . .	48
4.4	Tabel Pengujian Sensor Nafas . . . . .	49
4.5	Tabel Pengujian Delay . . . . .	56
4.6	Tabel Pengujian Delay . . . . .	57

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Arsitektur E-Health . . . . .	9
2.2	Ilustrasi <i>Handshaking</i> . . . . .	12
2.3	Diagram Alir <i>Collission Detection</i> . . . . .	13
2.4	Ilustrasi <i>Even Parity Check</i> . . . . .	14
3.1	Gambaran Kerja Sistem . . . . .	17
3.2	Diagram Alir Pengirim . . . . .	18
3.3	Sensor-Sensor yang Diintegrasikan dengan Sistem Ter- tanam . . . . .	19
3.4	Diagram Alir Penerima . . . . .	20
3.5	Sensor dan Sistem Tertanam Dihubungkan dengan Hub	21
3.6	Diagram Alir Proses Visualisasi . . . . .	22
3.7	Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir . . . . .	23
3.8	Desain Struktur Data Pada Pengiriman dalam <i>Byte</i>	23
3.9	Desain ERD Database . . . . .	26
3.10	Desain <i>User-Interface</i> Di Ruangn Pasien . . . . .	28
3.11	Desain <i>User-Interface</i> Di Ruangn Paramedis . . . . .	30
3.12	Desain <i>User-Interface</i> Di Ruangn Paramedis den- gan Grafis Historis . . . . .	30
4.1	Pemasangan Sensor pada Tubuh Pengguna . . . . .	31
4.2	Program Menjalankan Program <i>Server</i> . . . . .	32
4.3	<i>User-Interface</i> Saat Tidak Ada Abnormalitas <i>Vital</i> <i>Sign</i> . . . . .	34
4.4	<i>User-Interface</i> Saat Suhu Tidak Normal . . . . .	35
4.5	<i>User-Interface</i> Saat Tekanan Sistol Tidak Normal . .	36
4.6	<i>User-Interface</i> Saat Tekanan Diastol Tidak Normal .	37
4.7	<i>User-Interface</i> Saat Detak Jantung Tidak Normal .	38
4.8	<i>User-Interface</i> Saat Nafas Tidak Normal . . . . .	39

4.9	Elemen-Elemen yang Diujikan . . . . .	40
4.10	Hasil Pengujian Elemen Visualisasi . . . . .	41
4.11	Pengujian Perbedaan Visualisasi . . . . .	42
4.12	Hasil Pengujian Perbedaan Visualisasi . . . . .	42
4.13	<i>User-Interface</i> Ruang Paramedis Tanpa Grafis Historis . . . . .	44
4.14	<i>User-Interface</i> Dengan Grafis Historis Pasien Tanpa Abnormalitas <i>Vital Sign</i> . . . . .	45
4.15	<i>User-Interface</i> Dengan Grafis Historis Pasien Dan Abnormalitas <i>Vital Sign</i> . . . . .	46
4.16	Perintah Pemasangan nload Menggunakan Terminal	49
4.17	Perintah Menjalankan nload Menggunakan Terminal	50
4.18	Parameter-Parameter nload . . . . .	50
4.19	Grafik Pengujian Throughput Rata-Rata . . . . .	51
4.20	Grafik Pengujian Throughput Rata-Rata <i>Multi-User</i>	52
4.21	Grafik Pengujian Throughput Maksimal . . . . .	53
4.22	Grafik Pengujian Throughput Maksimal <i>Multi-User</i>	54
4.23	Grafik Pengujian Total Throughput <i>Single-User</i> . .	54
4.24	Grafik Pengujian Total Throughput <i>Multi-User</i> . . .	55
4.25	Skema Delay . . . . .	56
4.26	Hasil Pengujian <i>Delay Multi-User</i> . . . . .	58
5.1	Implementasi ERD pada Database . . . . .	66

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pasien yang dirawat di rumah sakit harus selalu berada dalam pengawasan tim medis. Hal ini bertujuan agar kesehatan pasien dapat terus dipantau dan menghindari terjadinya hal-hal buruk yang sewaktu-waktu dapat terjadi di pasien. Diagnosa dan saran dari dokter juga mempengaruhi penanganan penyakit yang dialami oleh pasien. Pihak rumah sakit masih menggunakan alat-alat yang terpasang di kamar masing-masing pasien untuk memonitor kesehatan pasien.

Paramedis, sebagai pihak yang memantau kesehatan pasien secara langsung, diharuskan mengunjungi kamar pasien secara berkala untuk memeriksa *vital sign* pasien seperti tekanan darah, detak jantung, suhu tubuh, dan lain-lain. Cara ini memiliki kelemahan karena paramedis harus berkeliling ke setiap kamar pasien untuk mendapatkan data-data *vital sign* masing-masing pasien. Keterbatasan jumlah paramedis yang sedang bertugas menjadi faktor penghambat untuk mendapatkan nilai *vital sign* dari pasien sehingga waktu yang diperlukan untuk mendapatkan nilai *vital sign* menjadi lebih lama. Data yang didapat tidak bersifat *real-time* dan bisa berubah ketika paramedis keluar dari ruangan pasien tersebut. Permasalahan lain dari cara konvensional adalah monitoring pasien tidak dilakukan terpusat pada satu ruangan sehingga monitoring akan semakin sulit dilakukan.

Megalingam, et.al. [1], pada penelitiannya, sudah mendesain dan membuat alat untuk memantau kesehatan pasien dengan menggunakan jaringan radio terstandarisasi IEEE 802.15. Parameter *vital sign* yang digunakan pada penelitian tersebut adalah detak jantung, tekanan darah, ECG (*Electrocardiogram*), EEG (*Electroencephalography*), dan suhu tubuh. Dengan menggunakan lima buah parameter tersebut, didapat hasil berupa waktu pengiriman data untuk kelima buah parameter tersebut yaitu senilai 0.8 detik untuk setiap pasien. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa alat tersebut hanya dapat bekerja secara efektif untuk pemantauan enam orang

pasien.

## 1.2 Permasalahan

Monitoring pasien yang dilakukan oleh paramedis masih memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah:

1. Pemantauan *vital sign* di ruangan pasien oleh paramedis memerlukan waktu yang lama.
2. Pemantauan *vital sign* pasien-pasien tidak bersifat *real-time*.
3. Tidak ada pemberitahuan apabila kondisi *vital sign* pasien berada dalam kondisi yang tidak normal.
4. Pemantauan *vital sign* pasien tidak terpusat karena alat-alat yang digunakan umumnya berdiri sendiri-sendiri (*stand-alone*) untuk masing-masing pasien.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah pembuatan sistem yang dapat memantau kesehatan pasien-pasien secara terpusat menggunakan parameter-parameter *vital sign*. Sistem terdiri atas beberapa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak terdiri atas aplikasi untuk visualisasi *vital sign* pasien dan *database* untuk menyimpan data tersebut. Perangkat keras terdiri atas monitor sebagai perangkat keluaran tampilan, mikrokontroler untuk mengakuisisi data *vital sign* pasien & untuk mengirim data melalui jaringan. Sistem nantinya dapat diterapkan di ruangan pasien pada suatu rumah sakit sehingga paramedis dapat memantau *vital sign* pasien dari ruangan paramedis.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Sensor yang digunakan adalah sensor tekanan darah, suhu, nafas, dan ECG.
2. Sistem menggunakan Arduino dengan tambahan *peripheral* yaitu E-Health Shield dan Ethernet Shield.
3. Konektivitas sistem menggunakan kabel *ethernet*.
4. Sistem bekerja untuk memantau pasien yang berada di ruangan, bukan di Unit Gawat Darurat (UGD) atau ICU.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini disusun secara sistematis dan terstruktur sehingga dapat lebih mudah dipahami oleh pembaca. Sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang yang diambil sebagai dasar pemilihan penelitian, permasalahan yang ditonjolkan serta batasan-batasannya, dan tujuan pengerjaan penelitian.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi dasar teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan dan digunakan untuk membantu pengerjaan tugas akhir. Teori-teori pada bab ini berkaitan erat dengan *vital sign*, protokol TCP/IP, dan sistem tertanam.

3. Bab III Desain dan Implementasi Sistem

Bab ini berisi tentang proses desain sistem yang dibuat dan penjelasan cara kerjanya. Penjelasan cara kerja sistem dibantu dengan diagram alur agar sistem dapat lebih mudah dipahami untuk diimplementasikan pada pelaksanaan tugas akhir.

4. Bab IV Pengujian dan Analisa

Bab ini berisi tentang proses pengujian terhadap sistem yang dibuat dalam penelitian tugas akhir dan menganalisa sistem tersebut.

5. Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang penutup penelitian tugas akhir berupa kesimpulan dari penelitian dan pengujian yang dilakukan pada penelitian. Saran dan kritik untuk pengembangan lebih lanjut juga dicantumkan dalam bab ini.

## 1.6 Relevansi

Penelitian mengenai pemantauan kesehatan pasien sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Megalingam dkk. Penelitian tersebut dilakukan pada jaringan WSN (*Wireless Sensor Network*) dengan standard IEEE 802.15 dimana sistem akan bekerja efektif untuk pemantauan pasien sebanyak maksimal enam orang. Pada tugas akhir ini akan dilakukan pembuatan sistem pada jaringan LAN Ethernet dengan standar IEEE 802.3.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Vital Sign

*Vital sign* adalah suatu nilai untuk mengukur kesehatan seseorang secara umum berdasarkan suatu parameter-parameter yang terdapat di tubuh seseorang tersebut [2]. *Vital Sign* juga dapat digunakan untuk memeriksa penyakit yang sedang diidap saat ini dan juga untuk menunjukkan riwayat kesehatan seseorang. Terdapat setidaknya delapan buah *vital sign* pada tubuh seseorang [3], yaitu :

##### 2.1.1 Detak Jantung

Detak jantung adalah proses mengembangnya jantung secara teratur akibat adanya kontraksi dan relaksasi jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh [4]. Detak jantung dapat digunakan sebagai *vital sign* karena dapat mengindikasikan aktifitas jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh sebagai tanda bahwa di dalam tubuh masih berjalan metabolisme. Detak jantung dapat diukur menggunakan cara menghitung manual atau dengan menggunakan alat ECG (*Electrocardiograph*). Satuan dari pengukuran detak jantung adalah detak per menit. Pada manusia dewasa normal, detak jantung rata-rata adalah 60–100 per menit. Faktor-faktor yang mempengaruhi detak jantung adalah usia, aktifitas, kebutuhan oksigen individu, volume intravaskuler jantung, dan kemampuan kontraksi jantung.

##### 2.1.2 Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah sisa hasil metabolisme yang terjadi pada tubuh manusia berupa panas tubuh. Suhu tubuh digunakan sebagai *vital sign* karena dapat mengindikasikan masih adanya aktifitas metabolisme pada tubuh manusia. Proses ini dinamakan thermoregulasi. Suhu tubuh diatur oleh suatu organ bernama *hypothalamus* yang berfungsi untuk mengatur keseimbangan suhu tubuh yang dihasilkan oleh metabolisme dan suhu tubuh yang dilepas ke lingkungan. Suhu tubuh dapat diukur menggunakan thermometer analog ataupun thermometer digital dan memiliki satuan derajat celsius.



Pada manusia dewasa normal, suhu tubuh rata-rata berkisar antara  $36.5^{\circ}\text{C}$ . Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu tubuh adalah usia, aktifitas, penyakit yang sedang diderita, dan obat-obatan yang sedang diambil. Terdapat tiga jenis suhu tubuh yang digunakan dalam praktek kesehatan, yaitu :

1. Suhu tubuh utama, merupakan suhu tubuh yang keluar dari tubuh seseorang. Suhu inilah yang digunakan sebagai pengukuran *vital sign*.
2. Suhu yang dirasakan oleh seseorang.
3. Suhu permukaan tubuh saat menyentuh benda.

Berdasarkan letak pengukuran suhu tubuh terdapat lima lokasi tubuh yang tepat untuk mengukur suhu tubuh. Penggunaannya bergantung pada umur pasien, kondisi tubuh pasien apakah sedang terdapat luka atau penyakit, dan tidak menutup kemungkinan kebijakan rumah sakit [5]. Masing-masing memiliki hasil pengukuran yang berbeda-beda, yaitu :

1. *Oral Cavity*.

Pengukuran ini dilakukan di bawah lidah pasien. Cara ini paling banyak digunakan untuk pengukuran suhu tubuh anak-anak hingga orang dewasa. Cara ini mengharuskan pasien untuk menutup mulutnya dan tidak boleh terbuka sama sekali. Pengukuran ini dapat langsung dilakukan apabila pasien belum makan atau minum dalam selang waktu 20–30 menit.

2. Suhu *Tympanic*.

Pengukuran ini dilakukan di telinga pasien. Metode ini dilakukan dengan termometer khusus dengan sensor inframerah di ujungnya.

3. Suhu *Axillary*.

Pengukuran ini dilakukan di bawah ketiak pasien. Cara ini banyak dilakukan pada bayi, anak-anak, dan dewasa. Namun pengukuran ini memiliki hasil yang lebih rendah  $0.5^{\circ}\text{C}$  karena letaknya yang berada terlalu ke permukaan sehingga tidak mencerminkan kondisi suhu inti tubuh (*core temperature*) yang sebenarnya.

4. Suhu *Rectal*.

Pengukuran ini dilakukan di lubang anus pasien. Cara ini tidak banyak dilakukan karena ketidaknyamanan yang dirasakan

pasien ketika suhu tubuh diukur.

#### 5. Suhu *Temporal Artery*.

Pengukuran ini dilakukan di dahi pasien dan merupakan pengukuran yang paling direkomendasikan untuk segala umur dan segala kondisi pasien. Cara ini menghasilkan nilai  $0.5^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dibandingkan *rectal* dan  $1^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dibandingkan *axillary*.

### 2.1.3 Tekanan Darah

Tekanan darah adalah ukuran selisih tekanan darah saat jantung mengalami kontraksi (*systolic*) dan saat beristirahat (*diastolic*). Tekanan darah orang dewasa normal adalah 120 *systolic* dan 80 *diastolic*.

### 2.1.4 Jumlah Nafas

Nafas manusia merupakan indikator sehat atau tidaknya pernafasan manusia. Jumlah nafas orang dewasa normal adalah 12-20 nafas per menit.

### 2.1.5 Saturasi Oksigen

Saturasi Oksigen adalah persentase bagian dari hemoglobin yang mengikat oksigen saat manusia bernafas. Persentase normal untuk orang dewasa adalah 95-100% bagian hemoglobin yang mengikat oksigen.

### 2.1.6 Rasa Sakit

Rasa sakit dapat digunakan sebagai vital sign yang menunjukkan tingkat ketahanan pasien terhadap rasa sakit dan tingkat keefektifan *analgesic* (obat bius).

### 2.1.7 Tingkat Kesadaran

Tingkat kesadaran atau *Glasgow Coma Scale* adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat kesadaran pasien. Tingkat kesadaran adalah parameter responsivitas pasien terhadap kondisi dan stimulus di sekitarnya. Parameter-parameter yang diambil yaitu respons motorik, respons verbal, dan respon pupil.

### 2.1.8 Ekskresi Urin

Urin yang diekskresikan oleh pasien dapat menjadi indikator tingkat keseimbangan cairan tubuh dan fungsi dari ginjal pasien

tersebut. Parameter yang diambil adalah warna dan volume urin yang diekskresikan. Volume urin pada orang dewasa normal adalah 0,5 ml/kg/jam.

## 2.2 Arsitektur Monitoring E-Health

Dalam membuat desain arsitektur pengawasan kesehatan pasien, minimal terdapat tiga buah lapisan untuk menjalankan fungsinya [6]. lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. *Perception Layer*

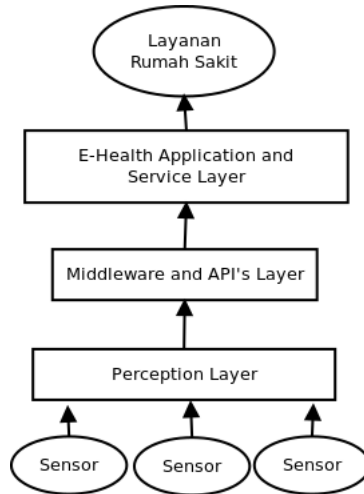
Lapisan ini merupakan lapisan terbawah dari arsitektur monitoring *e-health*. Perception Layer terdiri atas sensor-sensor yang mengambil data-data tertentu yang berkaitan dengan kesehatan pasien. Sensor-sensor pada lapisan ini terbagi atas dua kategori, yaitu sensor medis dan sensor lingkungan. Sensor medis adalah sensor yang berhubungan langsung dengan tubuh pasien sedangkan sensor lingkungan adalah sensor yang mengambil kondisi lingkungan dimana pasien berada.

2. *Middleware and API's Layer*

*Middleware and API's Layer* merupakan lapisan tempat pengolahan data terjadi. Di dalam lapisan ini terdapat beberapa layanan seperti database, API (*Application Programming Interface*). Database berfungsi untuk menyimpan informasi dan log kesehatan pasien sedangkan API berfungsi untuk memberikan respon terhadap data-data yang masuk dari perception layer, pembuatan profil pasien, sinkronisasi, dan lain-lain.

3. *E-Health Application and Service Layer*

Selanjutnya adalah lapisan paling atas dalam arsitektur monitoring *e-health*, yaitu *E-Health Application and Service Layer*. Lapisan ini umumnya merupakan tampilan antarmuka untuk menampilkan monitoring pasien tersebut. Tidak hanya terbatas pada tampilan, lapisan ini dapat dikembangkan lebih luas lagi dengan aplikasi tambahan sehingga pasien dapat mendapatkan resep dokter berdasarkan kondisi kesehatan saat ini, dokter pun juga dapat mengetahui kondisi pasien tanpa harus mengunjungi kediaman atau rumah sakit dimana pasien tersebut dirawat. Intinya adalah lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan pengguna.



**Gambar 2.1** Arsitektur E-Health [6]

## 2.3 E-Health Shield

E-Health Shield adalah papan *peripheral* tambahan yang spesifik ditujukan pada Arduino dan Raspberry Pi [7]. Papan ini digunakan dengan tujuan agar Arduino dan Raspberry Pi dapat menjalankan aplikasi-aplikasi medis dan biometrik secara *real-time*. Di dalam E-Health Shield terdapat sepuluh sensor kesehatan yang dapat digunakan dengan papan ini yaitu :

1. Sensor pulsa jantung.
2. Sensor oksigen dalam darah ( $\text{SpO}_2$ ).
3. Sensor nafas.
4. Sensor suhu tubuh.
5. Glukometer.
6. Sensor GSR (*Galvanic Skin Response*).
7. Sensor tekanan darah.
8. Sensor posisi pasien menggunakan *accelerometer*.
9. Sensor ECG dan
10. Sensor EMG.

Untuk konektivitas, E-Health Shield dilengkapi dengan beberapa metode konektivitas seperti WiFi, 3G, GPRS, Bluetooth, 802.15.4, dan ZigBee. Namun, konektivitas ini dapat ditambah dengan menambahkan *peripheral* lain seperti Ethernet Shield pada Arduino untuk konektivitas melalui kabel ethernet pada jaringan LAN.

E-Health Shield dilengkapi dengan *library* tambahan untuk pemrosesan data pada Arduino dan Raspberry Pi. *Library* ini mempermudah pengambilan data berdasarkan sensor-sensor yang terpasang pada E-Health Shield sehingga dalam pengambilan data, cukup dengan memanggil fungsi yang terdapat pada *library* tersebut. Pada sub-judul selanjutnya akan dijabarkan mengenai akuisisi data pada sensor.

### 2.3.1 Fungsi pada Sensor Suhu

Pada akuisisi data suhu pada sensor, digunakan rumus berikut :

$$T = \frac{\log(\frac{R_t^a}{K_1})}{\log(K_2)} \quad (2.1)$$

dimana :

$R_t^a$  = Resistansi rangkaian total pada e-Health Shield dan sensor suhu.

$K_1$  dan  $K_2$  = Konstanta.

Konstanta  $K_1$  dan  $K_2$  berubah-ubah sesuai dengan resistansi total  $R_t^a$ . Tabel konstanta tertulis pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Tabel Konstanta  $K_1$  dan  $K_2$  [8]

$R_t^a(\Omega)$	$K_1$	$K_2$
<988.1	5575.94572	0.96218
988.1–1204.8	5859.06368	0.96112
1204.8–1477.1	6118.06120	0.96008
1477.1–1822.8	6403.49306	0.95883
>1822.8	6638.20457	0.95678

### 2.3.2 Fungsi pada Sensor Nafas

Sensor nafas mengambil data berupa tekanan udara yang muncul saat pengguna bernafas. *Library* membaca data berupa data analog pada Arduino.

### 2.3.3 Fungsi pada Sensor ECG

Sensor ECG mengambil data berupa tegangan yang muncul pada titik pengukuran saat jantung berkontraksi dan relaksasi. Data yang muncul berupa data analog dengan tegangan maksimum lima volt.

### 2.3.4 Fungsi pada Sensor Tekanan Darah

*Library* E-Health Shield membaca data *array* dari sensor tekanan darah. *Array* yang dikirim memiliki panjang sesuai dengan jumlah data yang tersimpan pada media penyimpanan sensor. Dari *array* tersebut akan dibaca tekanan *systole* dan *diastole*-nya.

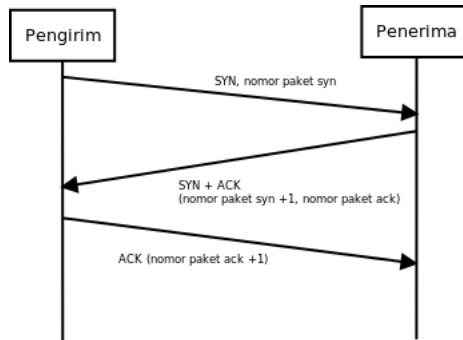
## 2.4 Protokol TCP/IP

Protokol TCP/IP adalah protokol pemodelan dan pengaturan komunikasi antara satu node dengan node lain pada suatu jaringan. Protokol ini mengatur bagaimana mekanisme pengiriman data mulai dari enkapsulasi data yang akan dikirim, pengalamatan tujuan, pemilihan rute jaringan, dan pemecahan data di alamat tujuan. Dalam satu protokol TCP/IP, terdapat definisi protokol-protokol lain seperti *Internet Protocol* (IP), *Address Resolution Protocol* (ARP), *Internet Control Message Protocol* (ICMP), *User Datagram Protocol* (UDP), dan *Internet Group Management Protocol* (IGMP). Dalam TCP/IP terdapat empat lapisan mulai dari lapisan terbawah hingga lapisan teratas. Lapisan-lapisan tersebut adalah *Link Layer*, *Internet Layer*, *Transport Layer*, dan *Application Layer*.

Pada protokol TCP/IP terdapat dua protokol utama dalam pengiriman data menggunakan protokol TCP/IP yaitu *handshaking* dan mekanisme pengecekan tabrakan data.

### 2.4.1 Handshaking

*Handshaking* adalah mekanisme awal untuk dua buah perangkat agar bisa berkomunikasi. Protokol ini dijalankan untuk membangun jalur komunikasi antar perangkat agar kedua perangkat siap mengirim dan menerima data dari keduanya. Hal pertama yang di-



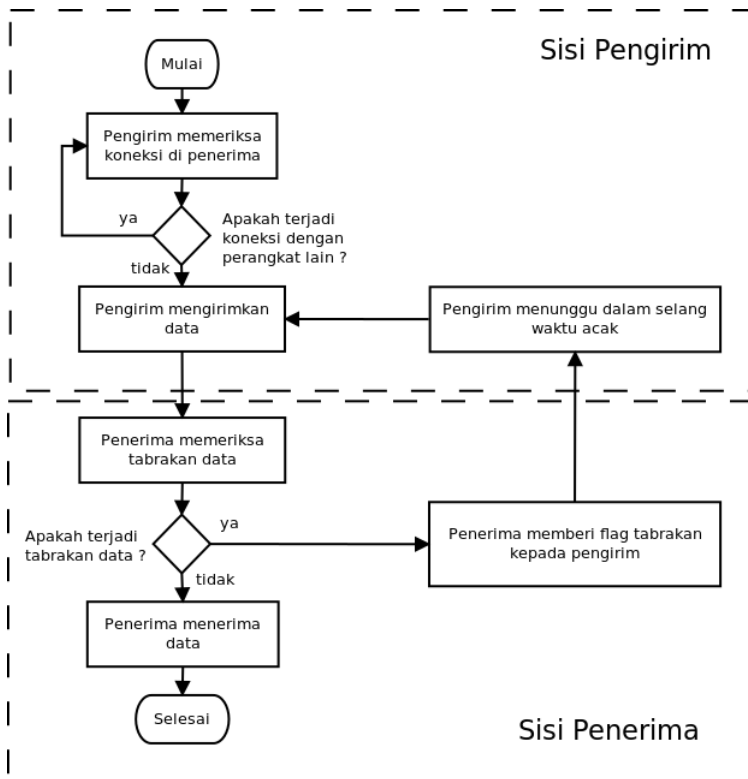
**Gambar 2.2** Ilustrasi *Handshaking*

lakukan adalah pengirim mengirimkan paket SYN dan nomor urutan datanya kepada penerima. Setelah penerima menerima paket SYN, penerima mengembalikan respon berupa ACK dengan nomor urutan data ditambah satu. Pengirim yang sudah menerima ACK dari penerima akan mengirim ACK kepada penerima. Dengan diterimanya ACK, maka jalur koneksi antara pengirim dan penerima sudah dibentuk. Ilustrasi protokol *handshaking* digambarkan pada gambar 2.2

#### 2.4.2 Mekanisme Pengecekan Tabrakan Data

Mekanisme ini dibuat untuk menjaga agar pengirim tidak menerima dua data dari dua atau lebih pengirim secara bersamaan. Diagram alir *collision detection* dijelaskan pada gambar 2.3.

Sebelum pengirim mengirimkan datanya, pengirim akan memeriksa apakah sedang terjadi koneksi antara penerima dengan perangkat lain. Jika terdapat koneksi, maka pengirim akan menunggu hingga koneksi tersebut selesai lalu mengecek kembali. Jika tidak terdapat koneksi maka pengirim akan mengirim datanya ke penerima. Saat menerima data, penerima akan memeriksa apakah terdapat dua pengirim yang melakukan pengiriman data secara bersamaan agar tidak terjadi tabrakan data. Apabila terjadi tabrakan data, penerima akan mengirimkan data kepada pengirim untuk mengirim ulang data setelah menunggu dalam interval waktu yang acak. Jika



**Gambar 2.3** Diagram Alir *Collision Detection*

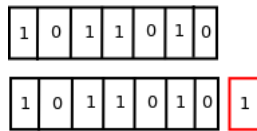
tidak terjadi tabrakan data, maka penerima akan menerima semua data yang dikirim oleh pengirim.

## 2.5 Metode Pengecekan Galat

Metode pengecekan galat adalah suatu metode pada komunikasi data untuk memeriksa galat pada data yang diterima dari pengirim. Agar dapat bekerja dengan baik, pengirim dan penerima harus menggunakan metode pengecekan yang sama. Umumnya, pengecekan galat dilakukan dengan menambah beberapa bit dengan struktur tertentu yang isinya bergantung pada data yang dicek.



Salah satu metode pengecekan galat yang umum digunakan adalah *parity check*. Cara kerja metode ini adalah penambahan satu bit pada data yang dikirim. Penambahan satu bit ini bergantung pada jumlah nilai "1" yang ada pada data tersebut apakah berjumlah genap atau ganjil. Apabila jumlah nilai "1" yang ada pada data berjumlah genap, maka satu bit terakhir akan ditambahkan nilai "1". Sedangkan apabila jumlah nilai "1" berjumlah ganjil, maka satu bit terakhir akan ditambahkan nilai "0". Ilustrasi metode pengevekan galat digambarkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Ilustrasi *Even Parity Check*

## 2.6 Sistem Tertanam

Sistem tertanam atau biasa disebut dengan (*Embedded System*) adalah sebuah sistem komputasi informasi yang ditujukan untuk suatu pekerjaan tertentu dan memiliki ukuran yang relatif lebih kecil. Karena sistemnya hanya menangani tujuan yang spesifik, sistem tertanam dapat digunakan untuk komputasi yang mendekati *real-time*. Sistem tertanam dibangun dengan mikrokontroler atau mikroprosesor. Sistem tertanam mayoritas ditanamkan pada sistem lain yang lebih besar sehingga dapat menjalankan pekerjaan spesifik pada sistem tersebut. Dalam pembuatannya, sistem tertanam dapat dibuat untuk berbagai macam skala operasi. Skala tersebut adalah skala kecil, skala menengah, dan skala besar.

Terdapat empat jenis kategori sistem tertanam [9], yaitu :

1. Sistem tertanam untuk tujuan umum.  
Sistem ini digunakan untuk komputasi-komputasi umum. Jenis ini dapat dikatakan menyerupai komputer namun dengan ukuran yang lebih kecil.
2. Sistem tertanam untuk komunikasi.  
Sistem ini digunakan untuk keperluan-keperluan komputasi yang berhubungan dengan komunikasi seperti internet atau telepon seluler. Sistem ini memerlukan *peripheral* tambahan

yang berfungsi untuk menghubungkan perangkat satu dengan perangkat lainnya seperti konektitas radio, kabel *ethernet*, inframerah, dan lain-lain.

3. Sistem tertanam untuk pengaturan.

Sistem ini digunakan untuk mengatur suatu *plant* tertentu berdasarkan suatu masukan-masukan tertentu. Sistem tertanam jenis ini berfungsi sebagai pusat pemrosesan masukan yang keluarannya terhubung dengan aktuator untuk mengatur *plant*.

4. Sistem tertanam untuk pemrosesan sinyal.

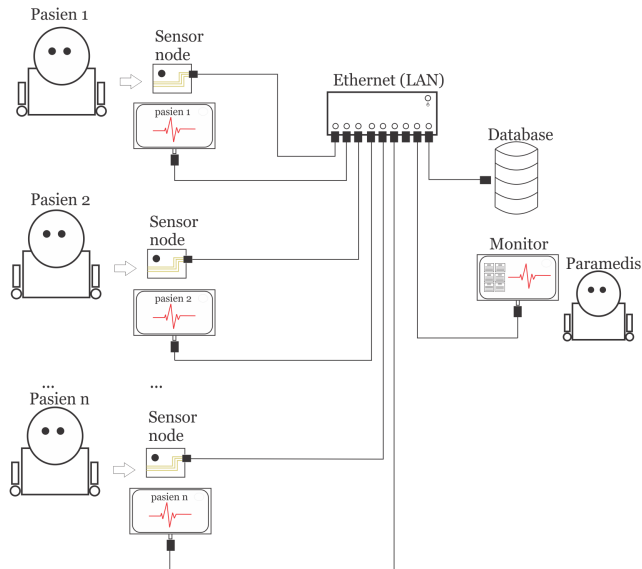
Sistem ini digunakan untuk memproses sinyal audio ataupun sinyal video.

## BAB 3

### DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

#### 3.1 Desain Sistem

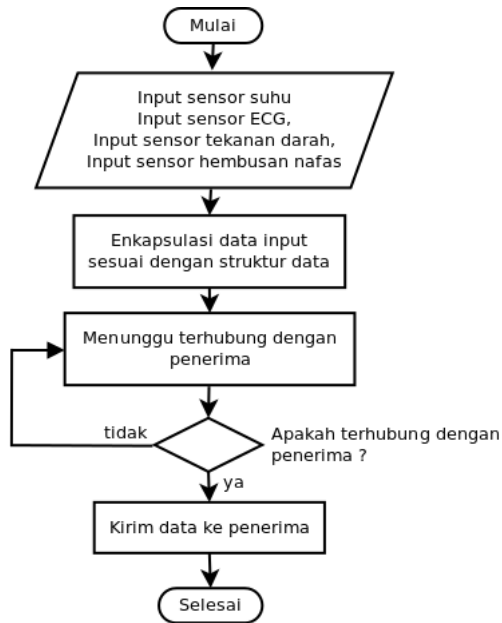
Pada tugas akhir ini dibuat sistem untuk membantu paramedis dalam melakukan pengawasan *vital sign* pasien. Gambaran kerja dari sistem dijelaskan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Gambaran Kerja Sistem

Sistem terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian pengirim, bagian penerima, dan bagian visualisasi data pada ruang paramedis. Bagian pengirim berfungsi untuk mengambil data *vital sign* dan mengirim data ke penerima. Bagian ini terdiri atas *sensor node* yang terpasang di tubuh pasien. Bagian kedua yaitu bagian penerima terdiri atas perangkat penerima yang terintegrasi dengan program *receiver* untuk menerima data yang dikirim oleh pengirim. Bagian penerima juga terintegrasi dengan *database* yang digunakan untuk menyimpan

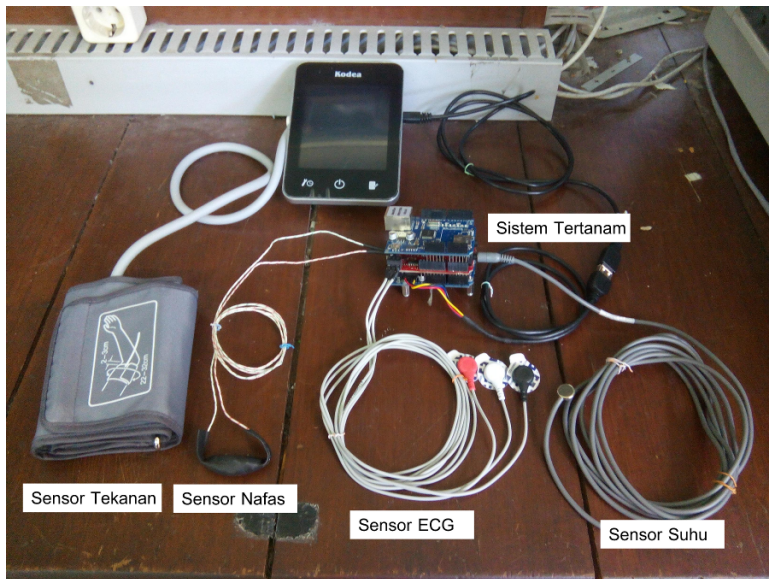
pan data *vital sign* pasien. Bagian terakhir yaitu bagian visualisasi data merupakan bagian yang berfungsi untuk menampilkan semua data *vital sign* pasien. Cara kerja dari sistem ini akan dijelaskan dalam tiga diagram alir. Diagram alir pertama (Gambar 3.2) menjelaskan cara kerja *embedded system* (selanjutnya disebut sistem tertanam) sebagai pengirim, diagram alir kedua (Gambar 3.4) menjelaskan cara kerja program penerima, dan diagram alir ketiga (Gambar 3.6) menjelaskan visualisasi data pada monitor paramedis.



**Gambar 3.2** Diagram Alir Pengirim

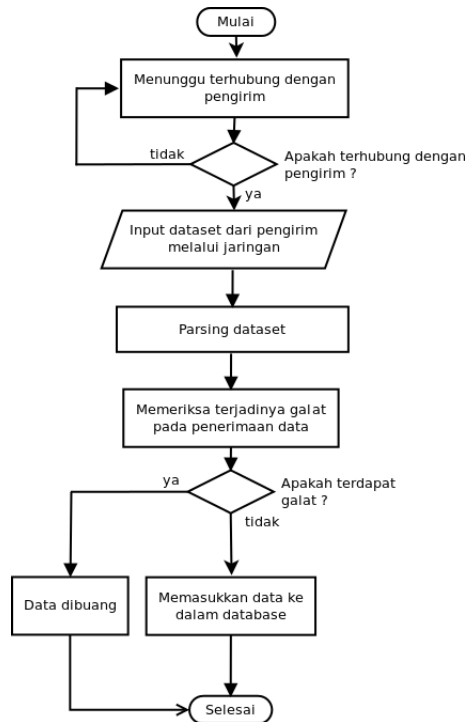
Di tubuh pengguna, dipasang empat buah sensor kesehatan, yaitu sensor suhu, sensor ECG (*Electrocardiograph*), sensor tekanan darah, dan sensor hembusan nafas. Gambar dari sensor digambarkan pada gambar 3.3. Sensor-sensor yang sudah dipasang akan mengambil data-data *vital sign* pengguna. Tipe data dari input keempat sensor adalah *float* untuk suhu & ECG dan tipe data *integer* untuk tekanan darah & hembusan nafas. Kemudian data-data

tersebut dienkapsulasi agar mengikuti struktur data yang sudah ditentukan. Proses enkapsulasi dilakukan di sisi pengirim dengan penambahan beberapa karakter. Setelah proses enkapsulasi selesai, pengirim mencoba untuk terhubung dengan penerima. Apabila tidak terjadi koneksi, pengirim akan terus mengulang sampai terjadi koneksi antara pengirim dan penerima. Namun apabila sudah terjadi koneksi, pengirim akan mengirim data hasil enkapsulasi ke penerima. Lama interval antara satu pengiriman dengan pengiriman yang lain adalah satu detik. Ketika data sudah sampai di penerima, sistem akan kembali mengulang pengambilan data *vital sign* pengguna.



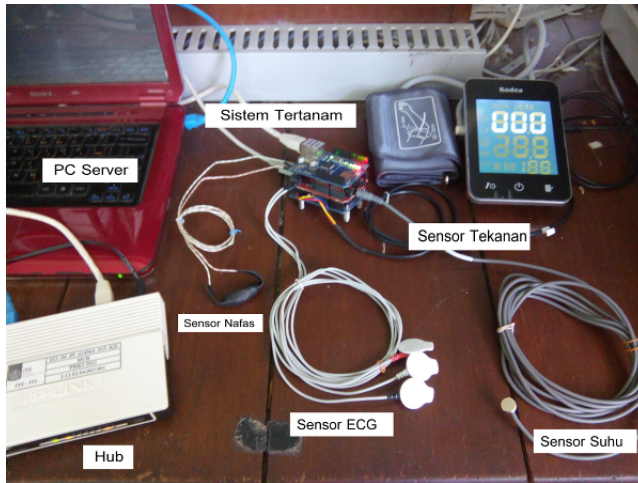
**Gambar 3.3** Sensor-Sensor yang Diintegrasikan dengan Sistem Ternanam

Untuk menerima data dari sistem ternanam di sisi pengirim, dijalankan aplikasi penerima (*receiver*). Saat dijalankan, aplikasi akan menunggu apakah terbentuk koneksi antara aplikasi penerima dan pengirim. Agar sistem ternanam dapat mengadakan koneksi dengan *server*, maka sistem ternanam dihubungkan dengan hub agar



**Gambar 3.4** Diagram Alir Penerima

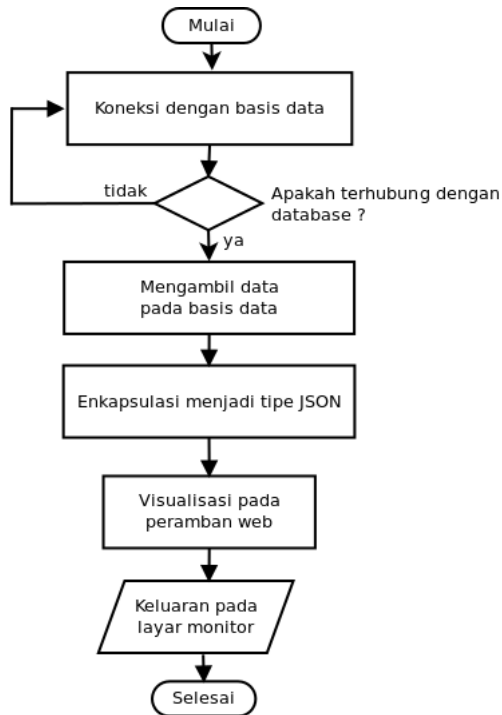
dapat terhubung dengan jaringan. Gambar terhubungnya sistem tertanam dengan hub digambarkan pada gambar 3.5. Jika sudah terdapat koneksi, maka aplikasi akan menerima aliran data yang dikirim dan dimasukkan ke dalam *buffer* sampai semua data utuh sudah diterima. Setelah semua data sudah tersimpan di *buffer*, aplikasi akan menjalankan kerja berikutnya yaitu *parsing* dataset menjadi data-data yang lebih kecil. Hal ini bertujuan agar aplikasi dapat membaca data-data output sensor dan memeriksanya dengan *parity check* agar dapat diketahui apakah terdapat galat pada dataset tersebut. Apabila di dalam dataset terdapat galat, maka dataset akan dibuang. Namun, apabila di dalam dataset tidak terdapat



**Gambar 3.5** Sensor dan Sistem Tertanam Dihubungkan dengan Hub

galat, maka data-data output sensor akan dimasukkan ke dalam *database*.

Visualisasi dilakukan di dua tempat yaitu ruangan pasien dan ruangan paramedis. Visualisasi di ruangan pasien hanya menampilkan data-data dari pasien tersebut sehingga pasien dapat mengetahui kondisi *vital sign*-nya. Visualisasi dilakukan menggunakan SBC dan monitor (*Single Board Computer*) yang terhubung dengan *server*. Di ruangan paramedis tersedia monitor yang dapat menampilkan data-data pada *database*. Monitor terhubung dengan komputer yang menjalankan layanan *database*. Visualisasi dijalankan pada aplikasi berbasis web. Saat dijalankan, aplikasi mencoba terhubung dengan *database*. Jika belum terhubung, maka aplikasi akan terus mencoba sampai aplikasi terhubung dengan *database*. Setelah terhubung, aplikasi akan mengambil semua data *vital sign* pasien pada *database*. Kemudian, data tersebut akan dienkapsulasi menjadi tipe data JSON. Data JSON tersebut akan diolah oleh aplikasi agar dapat divisualisasikan secara *real-time*.



**Gambar 3.6** Diagram Alir Proses Visualisasi

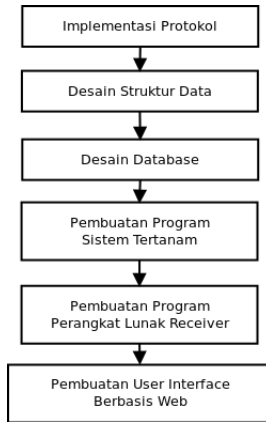
### 3.2 Alur Kerja

Pembuatan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu:

1. Implementasi protokol.
2. Desain struktur data.
3. Desain database.
4. Pembuatan program sistem tertanam.
5. Pembuatan perangkat lunak *receiver*.
6. Pembuatan *user-interface* berbasis web.

Alur kerja tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alur pada gambar 3.7





**Gambar 3.7** Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.3 Implementasi Protokol

Pada tugas akhir ini, diimplementasikan protokol TCP/IP pada proses pengiriman data agar data yang dikirim dapat tiba di tujuan tanpa ada data yang hilang.

### 3.4 Desain Struktur Data

Pengiriman data pada sistem yang dikerjakan ini diatur dengan struktur data khusus. Struktur data berfungsi untuk mengatur sistematika data yang dikirim agar data tersebut sampai ke server tanpa terganggu oleh intervensi ataupun *noise*. Struktur data dibuat sepanjang 12 byte. Desain struktur data digambarkan pada gambar 3.8.



**Gambar 3.8** Desain Struktur Data Pada Pengiriman dalam *Byte*

dimana:

- Header, sebanyak satu byte, menandakan awal data baru.

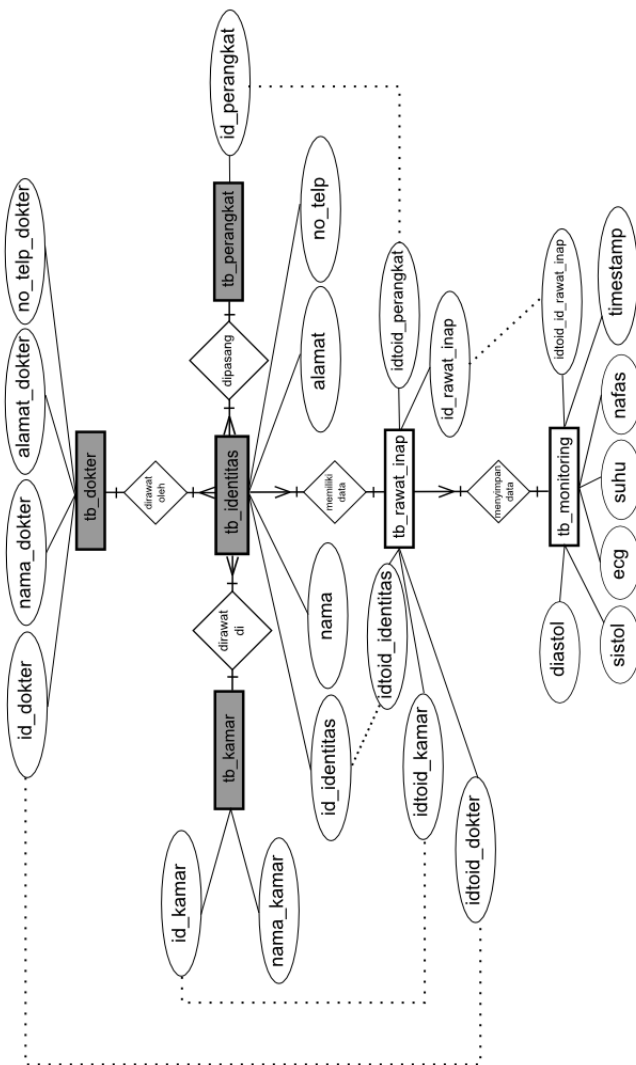
- b. ID, sebanyak satu byte, menandakan nilai *integer* nomor identitas pasien.
- c. Keluaran sensor suhu, sebanyak dua byte, menandakan nilai *float* yang terbaca oleh sensor suhu dimana satu byte pertama adalah nilai bulat sedangkan satu byte terakhir adalah dua nilai penting di belakang koma.
- d. Keluaran sensor ECG, sebanyak dua byte, menandakan nilai *float* yang terbaca oleh sensor ECG dimana satu byte pertama adalah nilai bulat sedangkan satu byte terakhir adalah dua nilai penting di belakang koma.
- e. Keluaran sensor tekanan darah sistol, sebanyak dua byte, menandakan nilai *integer* sistol yang terbaca oleh sensor tekanan darah,
- f. Keluaran sensor tekanan darah diastol, sebanyak dua byte, menandakan nilai *integer* diastol yang terbaca oleh sensor tekanan darah,
- g. Keluaran sensor hembusan nafas, sebanyak satu byte, menandakan nilai *integer* yang terbaca oleh sensor hembusan nafas,
- h. *parity check*, sebanyak satu byte, menentukan apakah data yang diterima di *server* sesuai dengan nilai aslinya atau tidak menggunakan metode *even parity check*.

### 3.5 Desain Database

*Database* digunakan untuk menyimpan data-data keluaran dari sensor-sensor kesehatan yang dipasang pada tubuh pengguna. Desain *database* diperlukan untuk menjaga konsistensi data, mengurangi kemungkinan munculnya data yang redundan, meningkatkan kecepatan *query*, dan mempermudah akses & pengambilan data. Pada tugas akhir ini, desain ERD (*Entity Relationship Diagram*) *database* yang digunakan digambarkan pada gambar 3.9.

Terdapat enam buah tabel yang digunakan pada desain *database*. Empat buah tabel merupakan tabel primer yang menjadi referensi bagi tabel-tabel lain. Keempat tabel tersebut yaitu tabel identitas, tabel dokter, tabel kamar, dan tabel perangkat. Tabel identitas merupakan tabel yang berisi identitas orang-orang yang terdaftar di rumah sakit sebagai entitas yang akan terdaftar sebagai pasien. Tabel selanjutnya adalah tabel kamar yang berisi daftar-daftar kamar yang dapat diisi untuk rawat inap pasien. Tabel ketiga yaitu

tabel dokter merupakan tabel yang berisi identitas dokter yang terdaftar sebagai entitas yang menangani pasien. Tabel keempat adalah tabel perangkat yang berisi nomor perangkat berisi sensor-sensor yang dapat dipasang pada tubuh pasien. Selanjutnya terdapat satu buah tabel komposit bernama tabel rawat inap yang mereferensi ke empat buah tabel sebelumnya yaitu tabel identitas, tabel dokter, tabel kamar, dan tabel perangkat. Tabel rawat inap adalah tabel yang berisi data-data pasien yang sedang dirawat pada kamar tertentu dan ditangani oleh dokter tertentu. Selanjutnya terdapat tabel monitoring yang berisi data-data monitoring *vital sign* pasien. Pada tabel monitoring terdapat data *time* yang merupakan waktu pengambilan data *vital sign*.



Gambar 3.9 Desain ERD Database

### 3.6 Pembuatan Program Sistem Tertanam

Pada pengerjaan tugas akhir ini, digunakan *embedded system* sebagai *platform* sensor-sensor kesehatan yang digunakan. Sensor-sensor tersebut adalah sensor suhu, sensor ECG (*Electrocardiograph*), sensor tekanan darah, dan sensor hembusan nafas. Sensor-sensor tersebut dipasang pada sistem tertanam berbasis Arduino yang diintegrasikan dengan rangkaian tambahan yaitu *E-Health Shield* dan *Ethernet Shield*. *E-Health Shield* berfungsi untuk mengambil data dari empat buah sensor yang dipasang pada tubuh pengguna. *Ethernet Shield* berfungsi untuk menghubungkan sistem dengan perangkat lain pada jaringan LAN atau *Local Area Network* yang sama melalui media kabel *ethernet*.

Program sistem tertanam digunakan untuk mengambil data dari sensor-sensor yang terhubung pada *E-Health Shield* dan mengirimkan data-data tersebut ke komputer server melalui jaringan. Untuk terhubung dengan jaringan yang sudah disediakan, sistem tertanam diberikan konfigurasi jaringan seperti IP (*Internet Protocol*, *gateway*, *subnet masking*), dan IP server tujuan.

Program yang sudah dibuat, diunggah ke EEPROM Arduino untuk dijadikan instruksi biner. Program yang sudah diunggah dapat dipakai secara terus-menerus selama program tersebut tidak ditimpa dengan program baru.

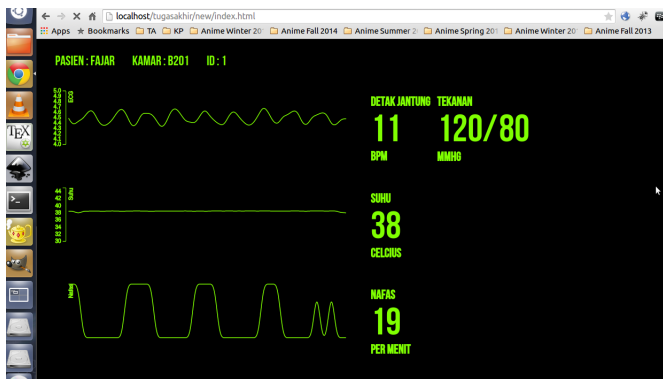
### 3.7 Pembuatan Perangkat Lunak *receiver*

Di sisi penerima, terdapat program yang dapat menerima data dari sistem tertanam selaku pengirim. Untuk menjalankan fungsi sebagai penerima, program tersebut dibuat untuk dapat melakukan fungsi:

- a. membuka koneksi dari banyak pengirim menggunakan *forking* agar pengirim-pengirim dapat terhubung dengan penerima,
- b. membaca dataset yang dikirim melalui jaringan LAN,
- c. mengurai dataset menjadi data-data kecil sesuai dengan desain struktur data yang sudah dibahas pada sub-bab 3.4,
- d. mendeteksi galat pada data keluaran-keluaran sensor dengan cara mencocokkan data-data tersebut dengan menggunakan *parity check*,
- e. menyimpan data-data keluaran yang tidak terdapat galat ke dalam *database*.

Program *receiver* ini dibangun dengan metode *socket programming* berbasis bahasa pemrograman C dan C++ pada sistem operasi Ubuntu 12.04 LTS. Metode *socket programming* digunakan agar suatu program dapat menjalankan mekanisme tertentu kepada perangkat-perangkat yang berhubungan melalui jaringan. Dalam hal ini, program menjalankan fungsi membaca aliran data yang masuk melalui jaringan, mengurai dataset utuh tersebut, kemudian mendeteksi galat yang ada pada dataset tersebut. Selain *socket programming*, terdapat *library* tambahan pada bahasa pemrograman C yang digunakan agar program yang dibuat dapat berhubungan dengan *database*. *Library* tersebut adalah *MySQL C Connector*. Dengan *library* ini, program *receiver* dapat melakukan operasi-operasi pada *database* seperti mengambil (*select*), menulis (*insert*), dan memperbarui data (*update*).

### 3.8 Pembuatan *User-Interface* Berbasis Web



**Gambar 3.10** Desain *User-Interface* Di Ruangan Pasien

*User-interface* digunakan untuk memvisualisasikan data-data yang sudah disimpan dalam *database*. *User-interface* dibuat dalam bentuk aplikasi berbasis web. Alasan pemilihan web sebagai dasar aplikasi adalah fitur aplikasi berbasis web yang dapat digunakan lintas sistem operasi. Dengan ini, maka sistem operasi tidak membatasi kinerja aplikasi. *User-interface* dibuat menggunakan pemrograman web berbasis HTML ditambah dengan beberapa *library* tambahan yaitu jQuery, CSS, dan D3.js. Dengan penggunaan keempat elemen

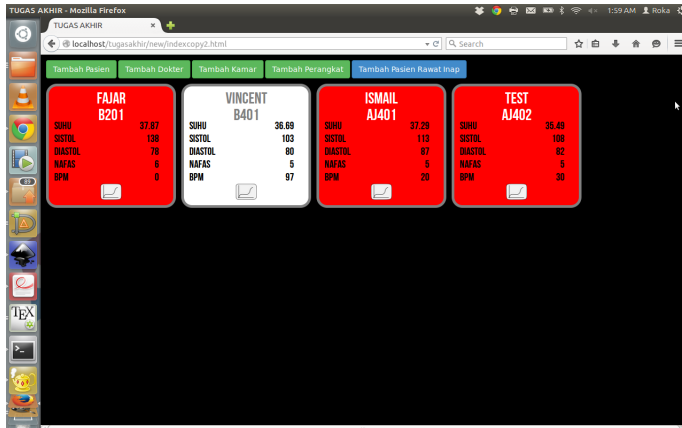
ini, *User-interface* dapat dibuat dengan desain yang interaktif agar paramedis dapat memperhatikan data-data *vital sign* yang ada dengan cermat.

Terdapat dua visualisasi *vital sign* yaitu visualisasi di ruangan pasien dan visualisasi di ruangan paramedis. Terdapat beberapa poin penting yang perlu ditampilkan dalam visualisasi di ruangan pasien. Poin-poin tersebut adalah :

- a. Nama pasien yang sedang dimonitoring.
- b. Nomor ruangan rawat inap pasien.
- c. Nomor ID pasien.
- d. Data historis keempat *vital sign* dalam bentuk grafik *real-time*.
- e. Nilai *vital sign* saat ini yang direpresentasikan dalam bentuk angka.
- f. Pemberitahuan atau peringatan apabila *vital sign* berada dalam kondisi tidak normal. Pemberitahuan divisualisasikan berupa penambahan warna merah pada *vital sign* yang bernilai tidak normal dan penambahan bunyi untuk memperingatkan paramedis.

Desain awal *user-interface* yang dibuat digambarkan pada gambar 3.10.

Visualisasi kedua adalah visualisasi pada ruangan paramedis. Data yang ditampilkan di ruangan paramedis dibagi menjadi data *vital sign* masing-masing pasien. Desain *user interface* di ruangan paramedis ditampilkan pada gambar 3.11. *User Interface* pada halaman awal adalah representasi dari masing-masing pasien dengan nilai *vital sign*-nya saat ini. Apabila terdapat nilai *vital sign* yang tidak normal maka kotak akan berubah menjadi warna merah. Di dalam kotak terdapat ikon grafik yang apabila ditekan maka akan muncul *pop-up* yang menampilkan grafis historis *vital sign* dari pasien tersebut. Proses penampilan grafis historis ditampilkan pada gambar 3.12



Gambar 3.11 Desain *User-Interface* Di Ruang Paramedis



Gambar 3.12 Desain *User-Interface* Di Ruang Paramedis dengan Grafik Historis



## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA

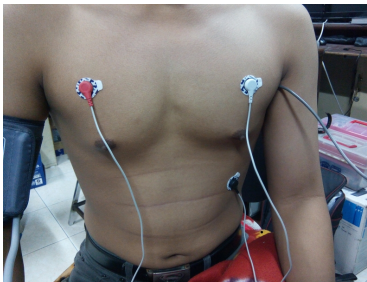
Pada penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap sistem yang sudah dibuat. Terdapat lima buah pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian program *receiver*, pengujian sintaks, pengujian perbandingan sensor E-Health dengan sensor yang umum digunakan, pengujian *throughput*, dan pengujian *delay*. Sebelum dilakukan pengujian, perlu dilakukan pemasangan sensor pada pengguna agar sistem dapat mengambil data *vital sign* pengguna. Pemasangan sensor digambarkan pada gambar 4.1.



(a) Pemasangan Sensor Tekanan



(b) Pemasangan Sensor Suhu



(c) Pemasangan Sensor ECG



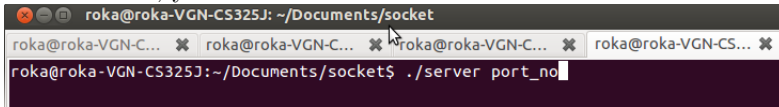
(d) Pemasangan Sensor Nafas

**Gambar 4.1** Pemasangan Sensor pada Tubuh Pengguna

#### 4.1 Pengujian Program *Receiver*

Pada bagian ini, akan dilakukan pengujian untuk memastikan apakah program dapat mengambil data yang dikirim oleh mikrokon-

troler. Untuk menjalankan program *receiver* diperlukan perintah dari terminal, yaitu :

A screenshot of a terminal window. The title bar shows 'roka@roka-VGN-CS325J: ~/Documents/socket'. The terminal content shows the prompt 'roka@roka-VGN-CS325J:~/Documents/socket\$' followed by the command './server port\_no' which is partially entered. There are several window icons at the top of the terminal.

**Gambar 4.2** Program Menjalankan Program *Server*

Pengujian dilakukan selama dua menit. Mikrokontroler mengirim data setiap 0.2 detik. Jika pengujian dilakukan selama dua menit, maka dalam selang waktu pengujian jumlah data yang dikirim sebanyak :

$$\text{jumlah data} = 2 \text{ menit} / 0.2 \text{ detik} = 120 \text{ detik} / 0.2 \text{ detik} = 600 \quad (4.1)$$

dari pengujian didapat hasil bahwa selama dua menit pengujian terdapat 600 (enam ratus) data yang dimasukkan ke dalam *database*. Sehingga dapat dikatakan bahwa program *receiver* 100% memasukkan semua data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke dalam *database*.

## 4.2 Pengujian *User-Interface*

Pada bagian ini, akan dilakukan pengujian untuk memastikan apakah sistem yang dibuat dapat berjalan dengan sesuai. Bagian sistem yang akan diuji adalah pengujian *user-interface*. Pengujian *user-interface* dibagi menjadi *user-interface* ruangan pasien dan ruangan paramedis.

### 4.2.1 Pengujian *User-Interface* Ruangan Pasien

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah *user-interface* dapat berjalan apabila *vital sign* dalam kondisi yang tidak normal. Pada *user-interface* terdapat fitur notifikasi yang dapat memberitahu paramedis. Notifikasi pada sistem adalah perubahan warna pada *User Interface* dari yang semula berwarna hijau *chartreuse* menjadi warna merah. Terdapat beberapa kondisi yang dapat memicu munculnya notifikasi yaitu :

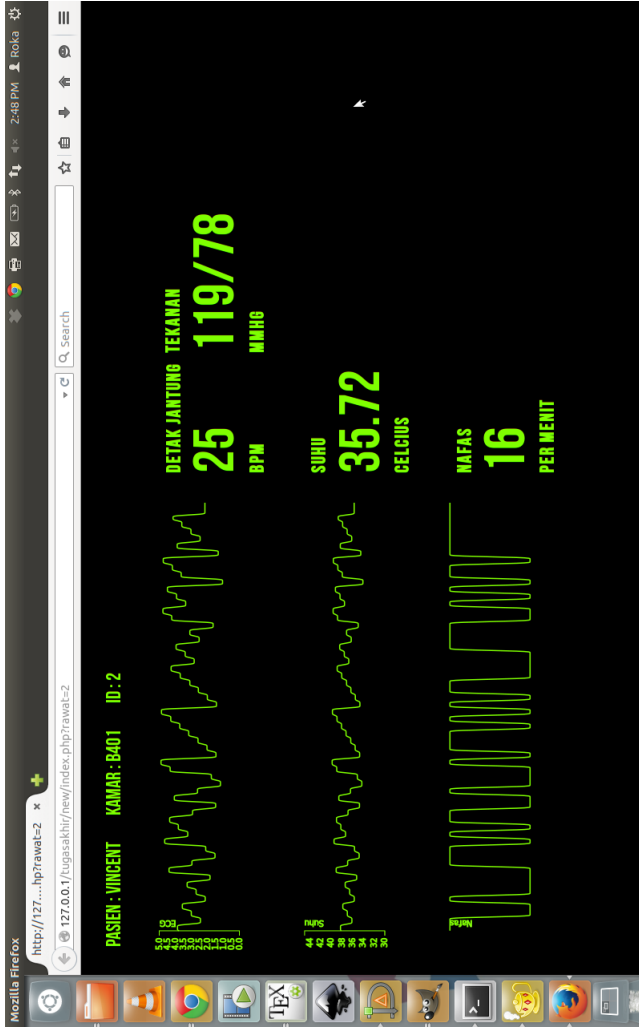
1. Apabila nilai detak jantung melebihi 100 BPM.
2. Apabila nilai tekanan sistol melebihi 120 mmHg.
3. Apabila nilai tekanan diastol kurang dari 80 mmHg.

4. Apabila nilai suhu melebihi  $38^{\circ}\text{C}$ .
5. Apabila nilai jumlah nafas melebihi 20 nafas per menit.

Pengujian dilakukan pada *User Interface*. Hasil pengujian ditampilkan pada gambar 4.3 sampai dengan 4.8.

Dari hasil pengujian didapat hasil bahwa *user-interface* dapat berjalan dengan baik. Dari desain yang sudah dipaparkan pada Bab 3.8, *user-interface* dapat menampilkan data-data pasien seperti nama pasien, ID pasien, ruangan pasien, data historis *vital sign* pasien, dan nilai *vital sign* saat ini. Dari gambar 4.3 terlihat bahwa data *vital sign* dalam kondisi normal sehingga tidak muncul notifikasi.

Pada gambar 4.4 sampai dengan gambar 4.8, data *vital sign* menunjukkan kondisi normal. Pada kondisi ini, notifikasi berjalan dengan bergantinya warna pada *user-interface* menjadi warna merah. Dari keempat pengujian dari kondisi suhu yang tidak normal berlanjut dengan pengujian kondisi nafas yang tidak normal, semua *user-interface* menunjukkan notifikasi yang sama. Dari pengujian-pengujian yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa *user-interface* dapat berjalan dengan baik dan fitur yang diberikan juga dapat berjalan.



**Gambar 4.3** *User-Interface Saat Tidak Ada Abnormalitas Vital Sign*



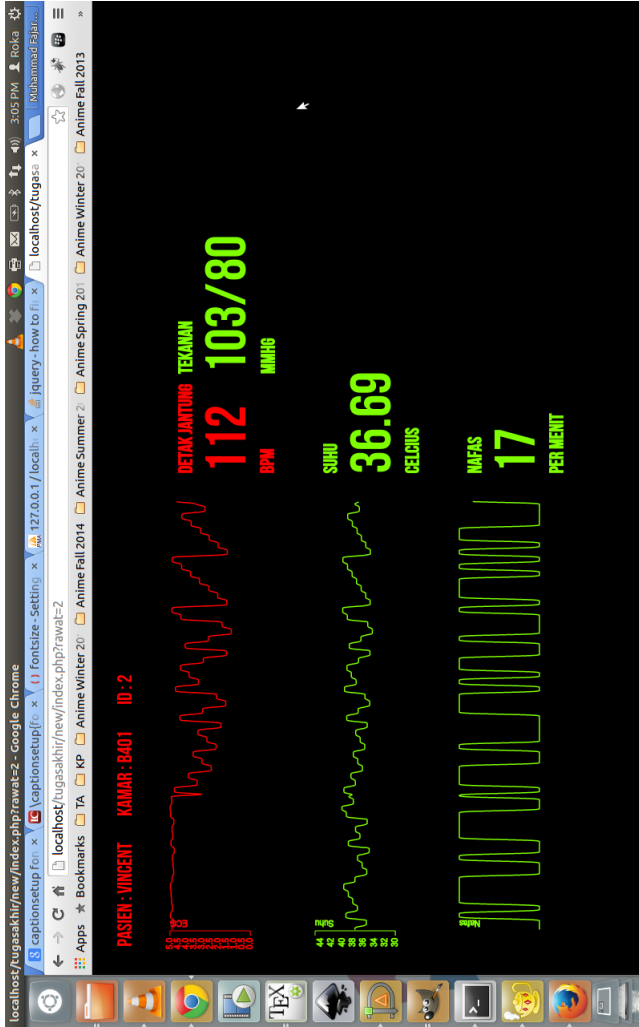
Gambar 4.4 User-Interface Saat Suhu Tidak Normal



**Gambar 4.5** *User-Interface* Saat Tekanan Sistol Tidak Normal

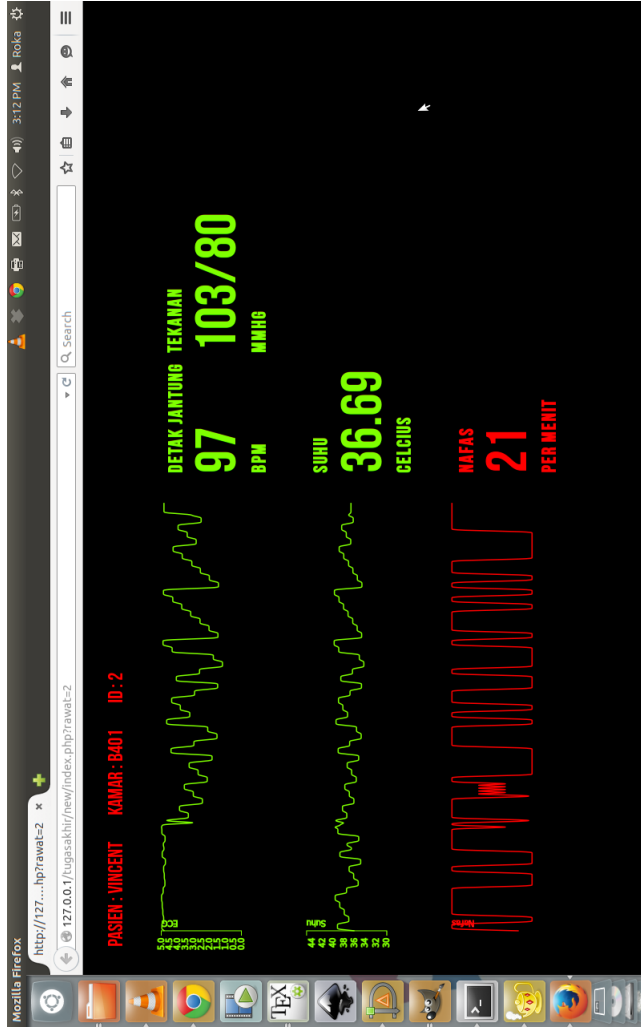


Gambar 4.6 *User-Interface* Saat Tekanan Diastol Tidak Normal

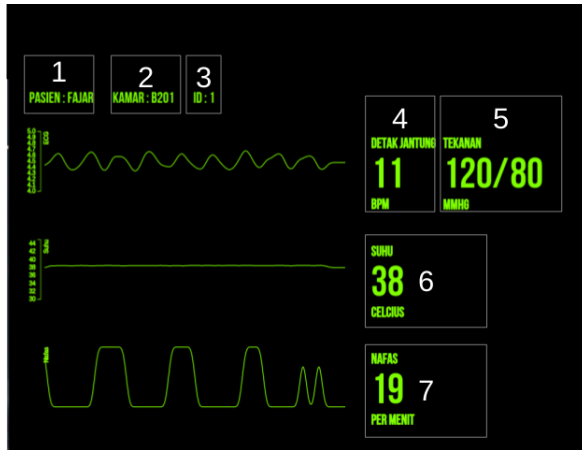


Gambar 4.7 *User-Interface* Saat Detak Jantung Tidak Normal





Gambar 4.8 *User-Interface Saat Nafas Tidak Normal*



**Gambar 4.9** Elemen-Elemen yang Diujikan

Selain pengujian sistem, dilakukan juga pengujian *user-interface* pasien kepada umum dengan menjalankan survey. Isi dari survey adalah :

**Tabel 4.1** Tabel Pengujian Perbandingan Sensor Suhu

Nomor	Faktor yang diujikan
1	Kejelasan Elemen-Elemen yang divisualisasikan pada aplikasi
2	Kejelasan Fitur Notifikasi

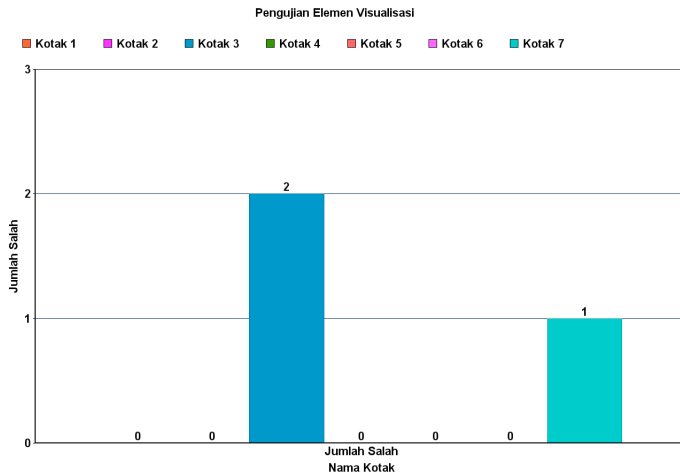
Pada pengujian kejelasan elemen, responden diminta untuk menyebutkan masing-masing elemen yang diberi kotak pada *user-interface* aplikasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jelas visualisasi data yang sudah didesain. Responden dari survey ini adalah orang-orang umum dengan tujuan apabila *user-interface* ini diaplikasikan, informasi yang disampaikan kepada orang-orang umum dapat tersampaikan. Elemen-elemen yang dimaksud dijelaskan pada gambar 4.9. Elemen-elemen tersebut adalah :

1. Kotak 1 merepresentasikan nama pasien.
2. Kotak 2 merepresentasikan kamar pasien.

3. Kotak 3 merepresentasikan ID pasien.
4. Kotak 4 merepresentasikan detak jantung pasien.
5. Kotak 5 merepresentasikan tekanan darah pasien.
6. Kotak 6 merepresentasikan suhu tubuh pasien.
7. Kotak 7 merepresentasikan jumlah nafas pasien per menit.

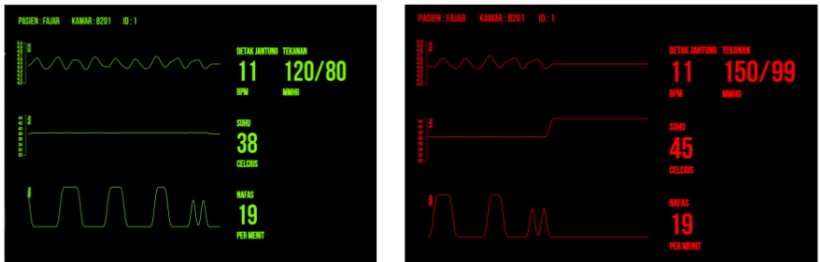
Dari pengujian ini, didapat hasil berupa jumlah orang yang salah dalam menginterpretasikan elemen-elemen yang ada di *user-interface*. Dari jumlah 20 (dua puluh) responden, terdapat 3 (tiga) responden yang salah dalam menginterpretasikan nama elemen tersebut. Dari tiga responden, dua responden (10%) salah pada kotak 3 dan satu orang (5%) salah pada kotak 7. Hasil pengujian ini digambarkan pada grafik pada gambar 4.10. Dari hasil ini, dapat dikatakan bahwa elemen-elemen visualisasi bersifat informatif bagi pengguna.

Pada pengujian kejelasan fitur notifikasi, responden diminta untuk membedakan antara *user-interface* dengan kondisi *vital sign* normal dengan yang abnormal. Pengujian ini bertujuan untuk menge-

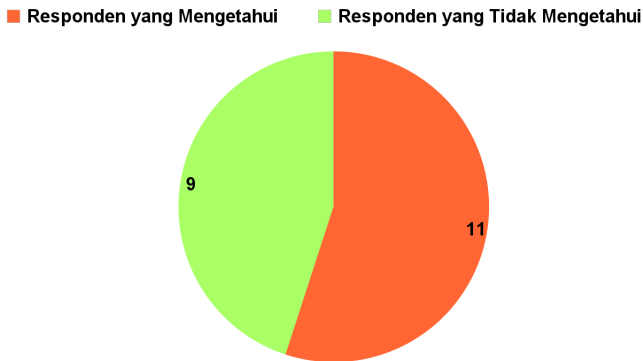


**Gambar 4.10** Hasil Pengujian Elemen Visualisasi

tahu seberapa jelas fitur notifikasi yang sudah didesain. Responden dari survey ini adalah orang-orang umum dengan tujuan apabila *user-interface* ini diaplikasikan, orang-orang umum dapat membedakan bahwa kondisi pasien sedang dalam kondisi normal atau abnormal.



Gambar 4.11 Pengujian Perbedaan Visualisasi  
 Pengujian Perbedaan Visualisasi



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Perbedaan Visualisasi

Dari pengujian ini, didapat hasil berupa jumlah orang yang dapat membedakan visualisasi saat kondisi *vital-sign* pasien normal dengan abnormal. Hasil menunjukkan bahwa dari 20 (dua puluh)

responden, terdapat 9 (sembilan) orang (45%) yang tidak bisa membedakan visualisasi saat kondisi pasien sedang dalam kondisi abnormal. Dari hasil pengujian ini dapat dikatakan bahwa perlu adanya perbaikan untuk visualisasi data agar pengguna dapat membedakan kapan kondisi pasien menjadi abnormal atau dalam kondisi normal.

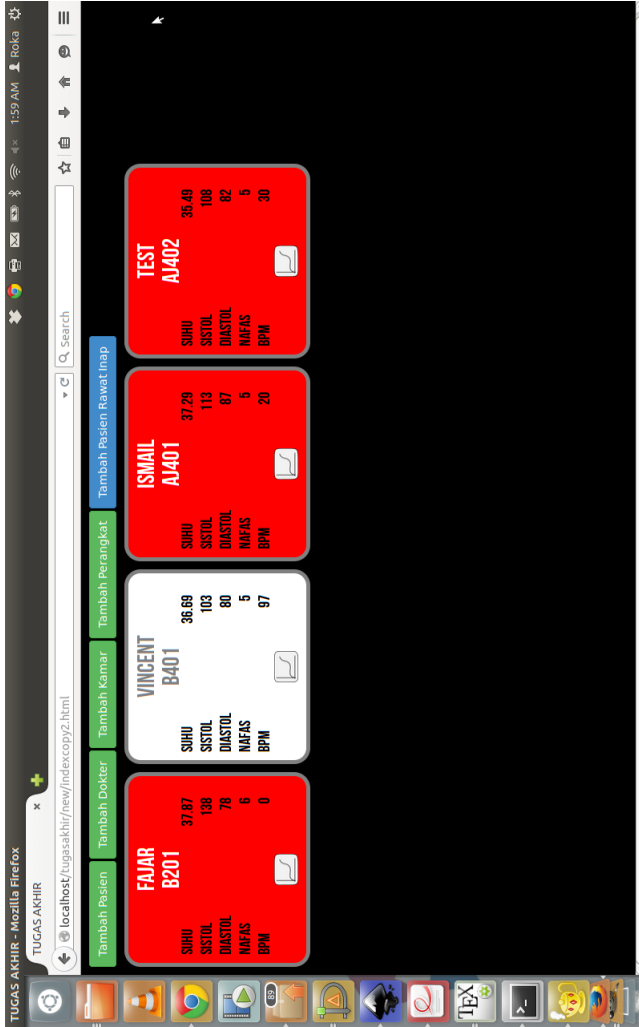
#### 4.2.2 Pengujian *User-Interface* Ruang Paramedis

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah *user-interface* ruangan paramedis dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memeriksa masing-masing kotak yang merepresentasikan data-data pasien. Apabila kotak tersebut ditekan, akan muncul grafis historis dari pasien tersebut. Pada *user-interface* yang ada di ruangan paramedis, terdapat fitur notifikasi yang sama dengan di ruangan pasien. Notifikasi pada sistem adalah perubahan warna pada *User Interface* dari yang semula berwarna hijau *chartreuse* menjadi warna merah. Terdapat beberapa kondisi yang dapat memicu munculnya notifikasi yaitu :

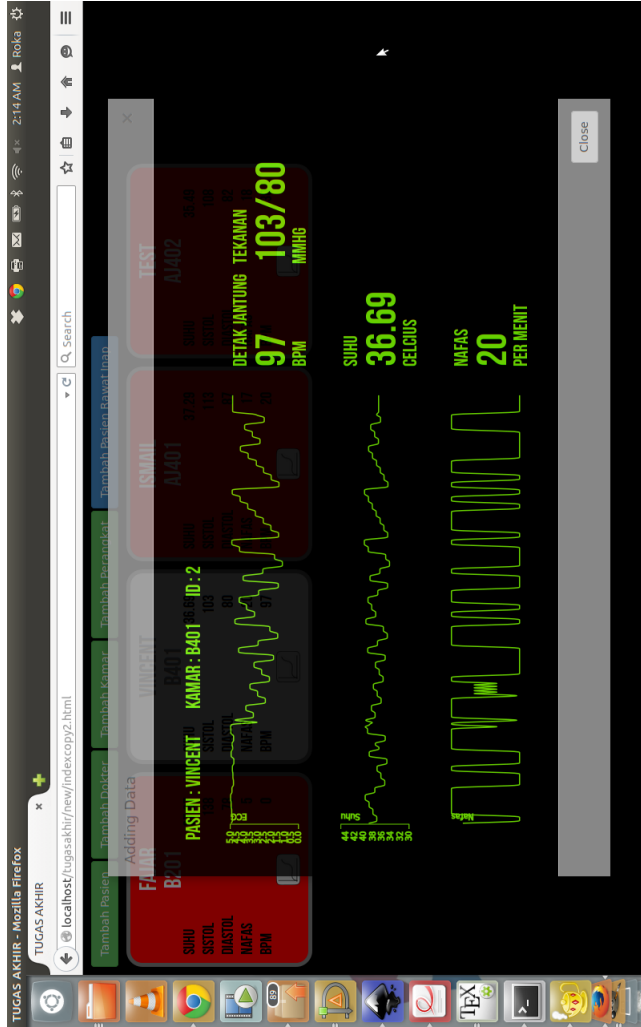
1. Apabila nilai detak jantung melebihi 100 BPM.
2. Apabila nilai tekanan sistol melebihi 120 mmHg.
3. Apabila nilai tekanan diastol kurang dari 80 mmHg.
4. Apabila nilai suhu melebihi 38°C.
5. Apabila nilai jumlah nafas melebihi 20 nafas per menit.

Hasil pengujian ditampilkan pada gambar 4.13 sampai dengan gambar 4.15.

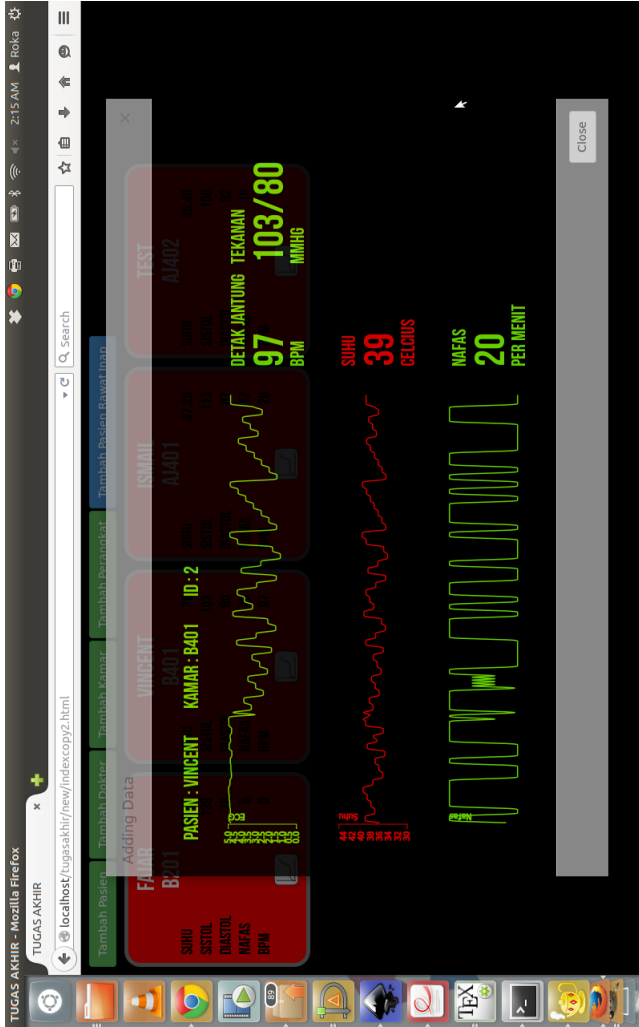
Dari hasil pengujian didapat bahwa *user-interface* dapat berjalan dengan baik. Dapat dilihat pada gambar 4.13 saat belum terdapat grafis historis lalu berlanjut pada gambar 4.14 grafis historis pasien pada kotak pasien yang diinginkan dapat ditampilkan. Pada gambar 4.15 grafis historis yang didalamnya terdapat *vital sign* yang abnormal akan muncul notifikasi berupa warna merah pada grafis historis. Dari pengujian ini, didapat hasil bahwa *user-interface* pada ruangan paramedis dapat berjalan dengan baik.



Gambar 4.13 *User-Interface* Ruangan Paramedis Tanpa Grafis Historis



Gambar 4.14 *User-Interface* Dengan Grafis Historis Pasien Tanpa Abnormalitas *Vital Sign*



**Gambar 4.15** *User-Interface* Dengan Grafik Historis Pasien Dan Abnormalitas *Vital Sign*



### 4.3 Pengujian Perbandingan Sensor e-Health

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan pengukuran dari sensor E-Health yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil oleh sensor-sensor E-Health dengan sensor-sensor yang sudah memiliki standarisasi kesehatan. Terdapat empat buah sensor yang digunakan yaitu:

1. Sensor suhu E-Health yang dilakukan perbandingan dengan termometer digital.
2. Sensor ECG E-Health yang dilakukan perbandingan dengan sensor ECG.
3. Sensor nafas yang dilakukan perbandingan dengan perhitungan manual.

Dari pengujian yang dilakukan pada masing-masing sensor, didapat hasil sebagai berikut :

#### 4.3.1 Perbandingan Sensor Suhu

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan sensor suhu E-Health dengan sensor termometer digital. Pengujian dilakukan selama satu menit dengan meletakkan kedua sensor suhu dibawah ketiak pasien (metode *axillary*). Dari pengujian didapat hasil berikut :

**Tabel 4.2** Tabel Pengujian Perbandingan Sensor Suhu

Pengujian ke	Sensor E-Health	Termometer Digital	Galat
1	38.47	37.1	3.69%
2	37.93	35.7	6.24%
3	38.09	36.7	3.78%

Dari tabel pengujian didapat hasil bahwa galat terkecil terjadi pada pengujian pasien 1 dengan nilai galat sebesar 3.69% sementara galat terbesar terjadi pada pengujian pasien 2 dengan nilai galat sebesar 6.24%. Galat rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan adalah 4.57%. Pembacaan data pada sensor suhu E-Health selalu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan termometer digital. Dari hasil pengujian ini, sensor E-Health dapat dikatakan dapat menggantikan termometer digital untuk mengambil data suhu tubuh pasien.

### 4.3.2 Perbandingan Sensor ECG

Pada pengujian ini, dilakukan perbandingan pada sensor ECG e-Health untuk mengetahui ketepatan akuisisi data dalam pengambilan nilai detak jantung per menit. Perbandingan dilakukan dengan perhitungan nilai detak jantung per menit secara manual pada pergelangan tangan pasien. Pengujian dilakukan selama waktu satu menit. Dari pengujian, didapat hasil berikut :

**Tabel 4.3** Tabel Pengujian Sensor ECG

Pengujian ke	Sensor E-Health	Hitung Manual	Error
1	60	87	22.9%
2	60	62	3.33%
3	93	90	3.33%

Dari tabel pengujian didapat hasil bahwa nilai galat terendah terjadi pada pengujian pada pasien 2 dan pasien 3 dengan nilai galat sebesar 3.33%. Sementara galat tertinggi terjadi pada pengujian pada pasien 1 dengan nilai galat sebesar 22.9%. Nilai rata-rata galat pada pengujian ini adalah 9.85%. Dari hasil pengujian ini, nilai pembacaan sensor ECG dapat dikatakan masih kurang baik untuk menghitung detak jantung pasien per menit.

### 4.3.3 Perbandingan Sensor Tekanan Darah

Pada pengujian ini dilakukan pengujian perbandingan sensor tekanan darah pada e-Health shield untuk mengetahui ketepatan pengambilan data *vital sign* tekanan darah. Sensor tekanan darah akan dibandingkan dengan *spychmomanometer* digital.

### 4.3.4 Perbandingan Sensor Nafas

Pada pengujian ini dilakukan pengujian perbandingan sensor nafas pada e-Health shield untuk mengetahui ketepatan pengambilan data *vital sign* jumlah nafas pasien. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sensor nafas e-Health dengan perhitungan manual. Pengujian dilakukan selama satu menit. Dari pengujian didapat hasil berikut :

Dari tabel pengujian, nilai galat terendah terjadi pada pengujian pasien 3 dengan nilai 7.14% sementara nilai galat tertinggi

**Tabel 4.4** Tabel Pengujian Sensor Nafas

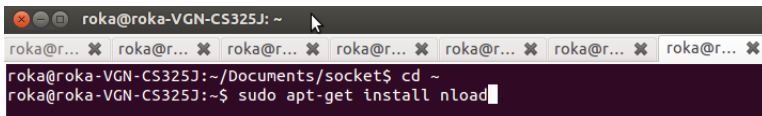
Pengujian ke	Sensor E-Health	Hitung Manual	Error
1	21	18	16.67%
2	33	15	120%
3	15	14	7.14%

terjadi pada pengujian pada pasien 2 dengan nilai 120%. Pembacaan yang terlalu tinggi pada pengujian pasien 2 terjadi karena kondisi pasien 2 bernafas lebih pelan dari kondisi normal. Kondisi ini membuat sensor tidak dapat membaca dengan baik berapa jumlah nafas per menit dari pasien 2. Sementara pasien 1 dan pasien 3 menghembuskan nafas dengan kecepatan yang normal. Nilai galat rata-rata dari pengujian bernilai 47.93%. Dari hasil pengujian ini dapat dikatakan bahwa sensor nafas dapat menggantikan perhitungan manual dengan catatan bahwa pasien menghembuskan nafasnya secara normal dan tidak terlalu pelan.

#### 4.4 Pengujian *Throughput*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa dari sistem yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung kecepatan transfer dari sistem menuju ke server. Pengujian dilakukan selama satu menit di sisi penerima. Pengujian ini dibantu dengan program terminal bernama nload. Untuk memasang program ini, diperlukan suatu perintah pemasangan dari terminal seperti pada gambar 4.16.

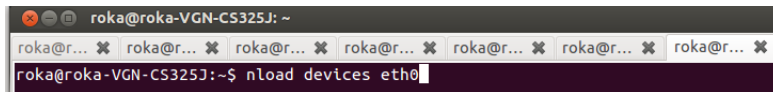
```
sudo apt-get install nload
```



**Gambar 4.16** Perintah Pemasangan nload Menggunakan Terminal

Setelah nload terpasang pada komputer penerima, selanjutnya jalankan nload dengan mengambil jaringan *ethernet* saja, yaitu dengan menjalankan perintah seperti pada gambar 4.17.

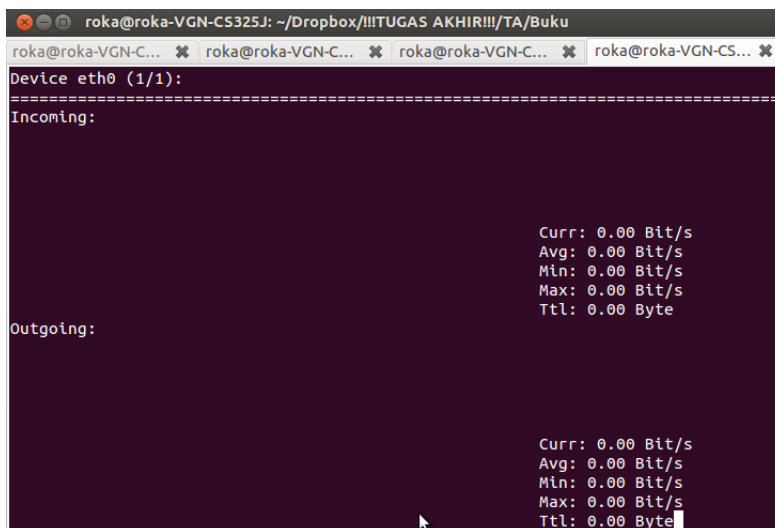
```
nload devices eth0
```



**Gambar 4.17** Perintah Menjalankan nload Menggunakan Terminal

Setelah perintah dijalankan, akan muncul tampilan dari program nload seperti pada gambar 4.18. Pada tampilan tersebut terdapat parameter-parameter keluaran dari program nload. Pada pengujian *throughput* digunakan enam parameter yaitu :

1. *Throughput downlink* rata-rata.
2. *Throughput downlink* maksimal.
3. Total *throughput downlink*.
4. *Throughput uplink* rata-rata.
5. *Throughput uplink* maksimal.
6. Total *throughput uplink*.



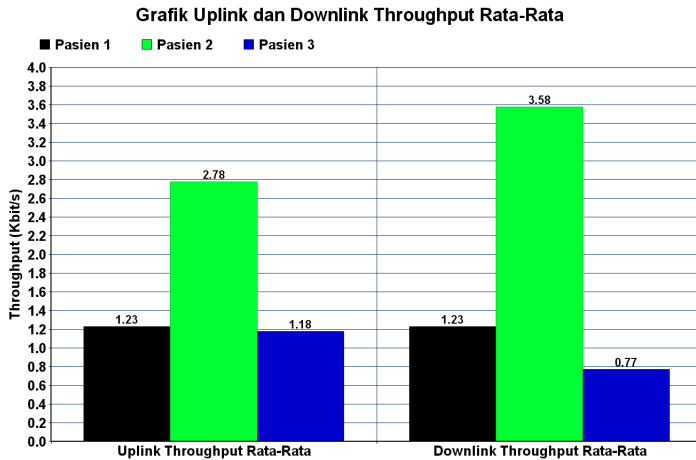
**Gambar 4.18** Parameter-Parameter nload

Dari hasil pengujian didapat data berikut :

#### 4.4.1 *Throughput Rata-Rata*

*Throughput* rata-rata adalah nilai *throughput* rata-rata selama durasi satu menit pengujian. Pada pengujian ini terdapat dua parameter yaitu *throughput downlink* rata-rata dan *throughput uplink* rata-rata.

##### 4.4.1.1 *Throughput Rata-Rata Single-User*

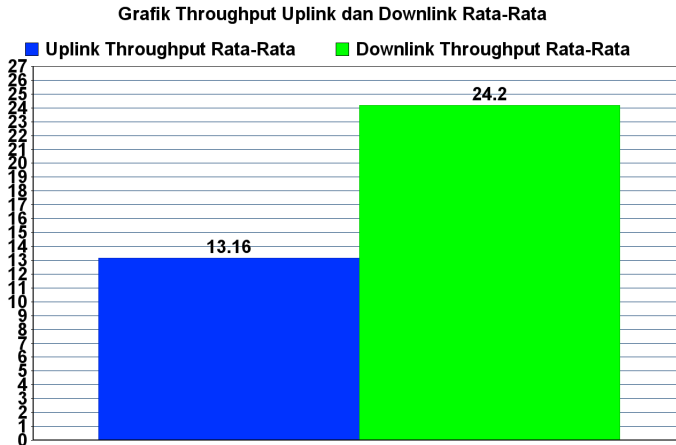


**Gambar 4.19** Grafik Pengujian Throughput Rata-Rata

Dari gambar 4.19 didapat *throughput uplink* dan *downlink* rata-rata tertinggi ada pada pengujian pasien 2 yaitu sebesar masing-masing 2.78 Kbit/s dan 3.58 Kbit/s. Dari pengujian ini penggunaan sumber daya pada jaringan dianggap kecil dimana rata-rata keseluruhan dari semua pengujian memiliki nilai rata-rata masing-masing 1.73 Kbit/s dan 1.86 Kbit/s.

##### 4.4.1.2 *Throughput Rata-Rata Multi-User*

Dari gambar 4.20 didapat data bahwa nilai *throughput downlink* lebih besar daripada *uplink* dengan nilai *downlink* dan *uplink* masing-masing 24.2 Kbit/s dan 13.6 Kbit/s. Dari data ini dapat dikatakan bahwa dalam durasi pengujian, perangkat lebih banyak melakukan aktifitas pengiriman data kepada *server* dibandingkan dengan penerimaan data dari *server*. Selain itu, *throughput* rata-



**Gambar 4.20** Grafik Pengujian Throughput Rata-Rata *Multi-User*

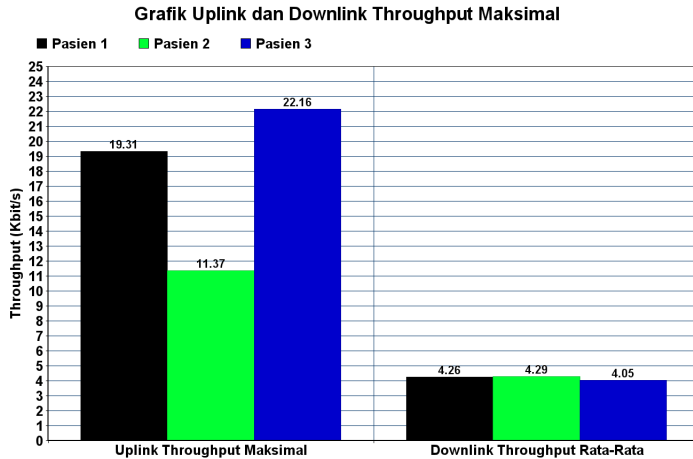
rata oleh perangkat dalam pengujian *multi-user* memiliki nilai yang lebih besar dibanding dengan *single-user*.

#### 4.4.2 *Throughput* Maksimal

Nilai *throughput* maksimal adalah nilai tertinggi *throughput* yang terukur saat durasi satu menit pengujian. Terdapat dua parameter yaitu *throughput uplink* maksimal dan *throughput downlink*.

##### 4.4.2.1 *Throughput* Maksimal *Single-User*

Dari pengujian pada gambar 4.21 Nilai *throughput* maksimal tertinggi untuk *uplink* terdapat pada pengujian pasien 3 dengan nilai 22.16 Kbit/s sedangkan *downlink* maksimal tertinggi terdapat pada pengujian pasien 2 dengan nilai 4.29 Kbit/s. Dari keseluruhan pengujian dapat dilihat bahwa *throughput uplink* maksimal selalu lebih besar dibanding dengan *throughput downlink*. Nilai rata-rata untuk *throughput uplink* maksimal dan *throughput downlink* maksimal dari keseluruhan pengujian masing-masing adalah 17.61 Kbit/s dan 4.21 Kbit/s. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa



**Gambar 4.21** Grafik Pengujian Throughput Maksimal

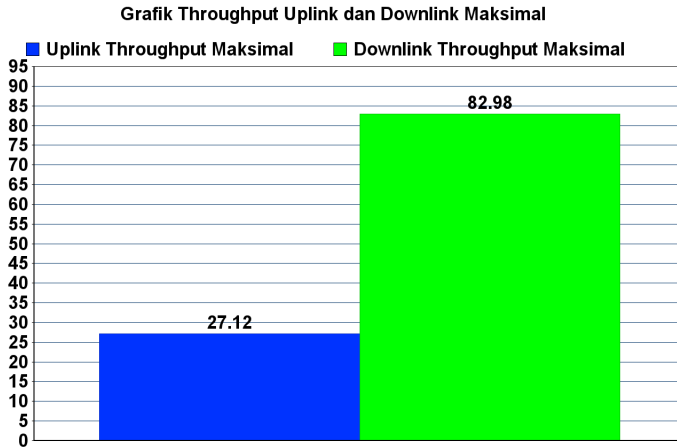
nilai *throughput* maksimal baik *uplink* dan *downlink* masih relatif kecil untuk jaringan lokal dengan menggunakan *ethernet* 100 Mbps.

#### 4.4.2.2 *Throughput* Maksimal *Multi-User*

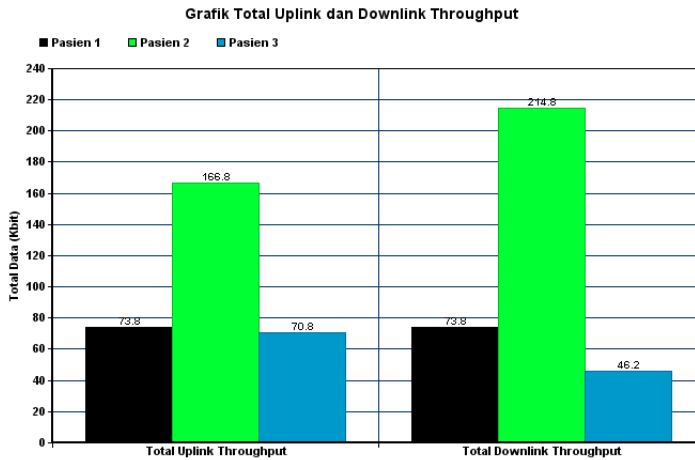
Dari data pada 4.22 didapat data bahwa nilai *throughput downlink* maksimal lebih tinggi dibandingkan *throughput uplink* maksimalnya dengan nilai masing-masing sebesar 82.98 Kbit/s dan 27.2 Kbit/s. Dari data ini dapat dikatakan bahwa *throughput* maksimal untuk *multi-user* lebih besar dibandingkan *single-user* karena banyaknya perangkat yang mengirimkan data dalam waktu yang hampir bersamaan.

#### 4.4.3 *Total Throughput*

Total *throughput* adalah total data yang dikirim atau diterima selama durasi satu menit pengujian. Terdapat dua parameter dalam pengujian ini yaitu total *throughput uplink* dan total *throughput downlink*



**Gambar 4.22** Grafik Pengujian Throughput Maksimal *Multi-User*



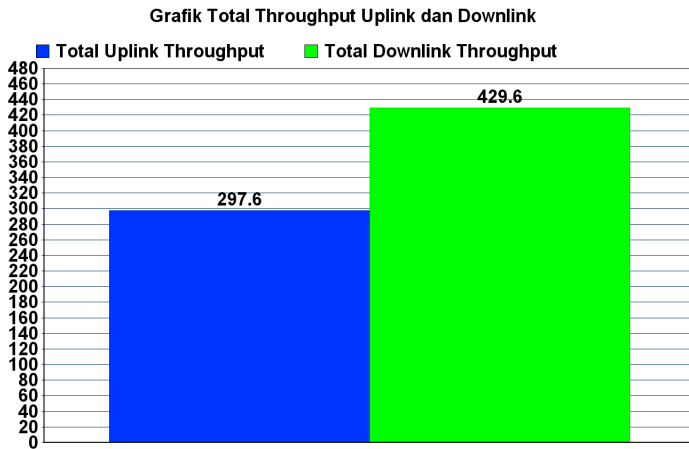
**Gambar 4.23** Grafik Pengujian Total Throughput *Single-User*



#### 4.4.3.1 Total Throughput Single-User

Dari gambar 4.23 didapat hasil bahwa nilai total *throughput uplink* dan *throughput downlink* keduanya terdapat pada pengujian pasien 2 masing-masing 166.8 Kbit dan 214.8 Kbit. Sedangkan total *throughput* rata-rata antara *uplink* dan *downlink* adalah masing-masing 103.8 Kbit dan 113.6 Kbit. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa dalam satu menit pengujian nilai total pengiriman dan penerimaan relatif kecil.

#### 4.4.3.2 Total Throughput Multi-User



**Gambar 4.24** Grafik Pengujian Total Throughput *Multi-User*

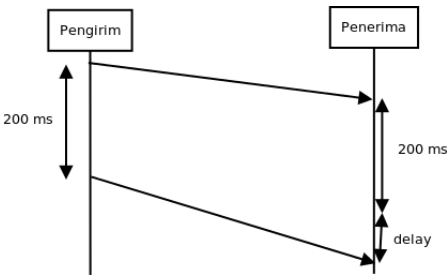
Dari gambar 4.24 didapat data bahwa total *throughput downlink* maksimal lebih tinggi dibandingkan total *throughput uplink*-nya. Masing-masing nilainya adalah 429.6 Kbit/s dan 297.6 Kbit/s.

### 4.5 Pengujian Delay

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu jeda pengiriman dan penerimaan data. Pengujian ini dibagi menjadi dua sub-bagian yaitu pengujian *delay single-user* dan pengujian *delay multi-user*.

4.5.1 Pengujian *Delay Single-User*

Pengujian *single-user* dilakukan untuk mengetahui waktu rata-rata jeda pengiriman dari sistem tertanam selaku pengirim kepada penerima. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sistem tertanam dengan penerima secara *peer-to-peer*. Durasi pengujian adalah selama dua menit dengan skema pada gambar 4.25. Waktu jeda dihitung dengan mengurangi waktu penerimaan antara dua data dengan waktu interval pengiriman data. Dalam pengujian ini, selang waktu pengiriman antara dua data adalah 0.2 detik atau 200ms.



Gambar 4.25 Skema Delay

Dari hasil pengujian didapat hasil pada tabel 4.5.  
Tabel 4.5 Tabel Pengujian Delay

Data ke-	Delay Rata-Rata (ms)
1-100	201.01
101-200	201
201-300	201
301-400	201
401-500	201
501-600	201
Rata-Rata	201

Dari tabel 4.5, rata-rata waktu pengiriman antara dua data selama dua menit adalah 201 ms. Dari skema yang sudah digam-

barkan pada 4.25 didapat waktu *delay* adalah :

$$\begin{aligned} delay &= t(\text{antara}) - 200ms \\ delay &= 201 - 200ms \\ delay &= 1ms \end{aligned} \tag{4.2}$$

Selanjutnya, dilakukan pengujian yang sama dengan menggunakan perangkat komputer yang dapat mensimulasikan pengiriman data dengan struktur data yang sudah dijelaskan pada sub-bab 3.4. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan waktu jeda antara sistem tertanam dengan perangkat komputer. Dengan skema yang sama dan durasi yang sama, didapat hasil pada tabel 4.6

**Tabel 4.6** Tabel Pengujian Delay

Data ke-	Delay Rata-Rata (ms)
1-100	200
101-200	200
201-300	200.1
301-400	200.3
401-500	200.1
501-600	200.1
Rata-Rata	200.12

Dari tabel 4.6, rata-rata waktu pengiriman antara dua data selama dua menit adalah 200 ms. Dari skema yang sudah digambarkan pada 4.25 didapat waktu *delay* adalah :

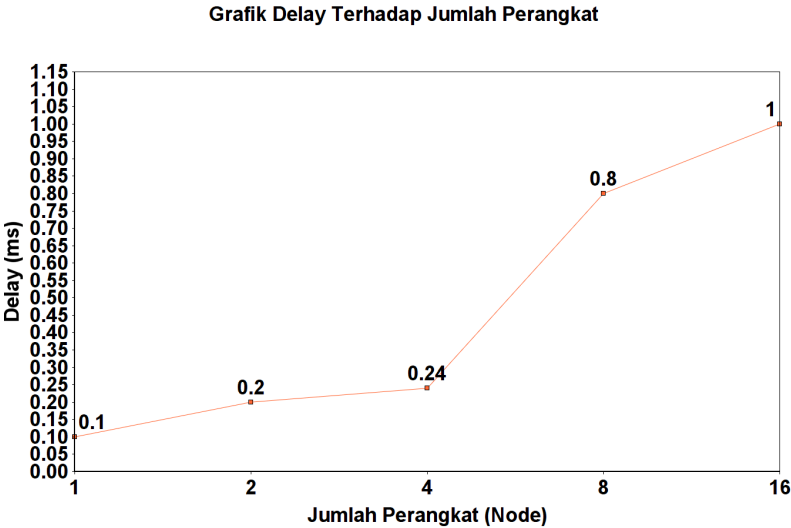
$$\begin{aligned} delay &= t(\text{antara}) - 200ms \\ delay &= 200.12 - 200ms \\ delay &= 0.12ms \end{aligned} \tag{4.3}$$

Dari kedua pengujian *delay single-user* ini didapat hasil bahwa selisih *delay* antara sistem tertanam dan perangkat PC adalah sebesar 1ms. Dari nilai ini, dapat dikatakan bahwa sistem tertanam yang sudah didesain dapat digunakan untuk pengiriman data dengan nilai *delay* yang cukup kecil yaitu 1ms.

#### 4.5.2 Pengujian *Delay Multi-User*

Pengujian ini dilakukan ini untuk mengetahui pengaruh jumlah perangkat terhadap nilai *delay* pengiriman data dari pengirim

ke penerima. Untuk pengujian ini, perangkat yang dihubungkan adalah sistem tertanam dan perangkat PC yang dapat mensimulasikan pengiriman data yang sesuai dengan struktur data yang sudah didesain. Durasi pengujian adalah selama dua menit dengan skema yang sama pada gambar 4.25. Dari hasil pengujian didapat hasil pada gambar 4.26. Pada grafik terlihat bahwa bertambahnya jumlah perangkat yang terhubung dengan penerima maka *delay* penerimaan datanya juga akan semakin bertambah. Pada pengujian 15 (lima belas) perangkat, *delay* penerimaan data bernilai 1 ms.



**Gambar 4.26** Hasil Pengujian *Delay Multi-User*

Dengan melakukan pendekatan regresi linear dengan data-data pada gambar 4.26, didapat persamaan garis :

$$y = 0.068x + 0.055 \tag{4.4}$$

dengan batas *delay* sebesar 10 ms, maka jumlah maksimal perangkat

yang dapat ditangani oleh penerima adalah :

$$\begin{aligned}10 &= 0.068x + 0.055 \\x &= (10 - 0.055)/0.068 \\x &= 146.25 \approx 146\end{aligned}\tag{4.5}$$

Dari perhitungan didapat kondisi ideal bahwa sistem dapat menangani 146 perangkat secara bersamaan dalam satu jaringan yang sama.

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil survey, *user-interface* bersifat informatif dimana sebanyak 85% responden memahami elemen-elemen yang divisualisasikan pada *user-interface*. Pada bagian notifikasi, sebanyak 45% responden tidak dapat membedakan kondisi *vital sign* yang normal dan abnormal.
2. Ketepatan sensor suhu dan detak jantung E-Health dengan sensor umum memiliki nilai yang cukup akurat dengan nilai rata-rata masing-masing 95.43% dan 90.15%.
3. Sensor tekanan pada E-Health tidak dapat digunakan untuk pemantauan otomatis karena terdapat keterbatasan pada *firmware*. Sensor tidak dapat melakukan membaca tekanan apabila terhubung dengan sistem tertanam.
4. Pemakaian sumber daya pada jaringan cukup kecil dengan nilai rata-rata uplink dan downlink masing-masing 1.73 Kbit/s dan 4.33 Kbit/s untuk *single-user* dan 24.2 Kbit/s dan 13.16 Kbit/s untuk *Multi-User*.
5. Pengiriman data dari pengirim ke penerima memiliki nilai *delay* yang cukup kecil yaitu 1 ms.
6. Sistem dapat menangani hingga 146 perangkat dalam satu jaringan yang sama dengan batas *delay* 10ms.

### 5.2 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Konektivitas sistem menggunakan jaringan nirkabel seperti Wi-Fi atau WSN agar sistem yang dibuat dapat lebih ringkas.
2. *Sampling Rate* sensor ECG menggunakan metode yang lebih baik sehingga dapat dihasilkan data detak jantung yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

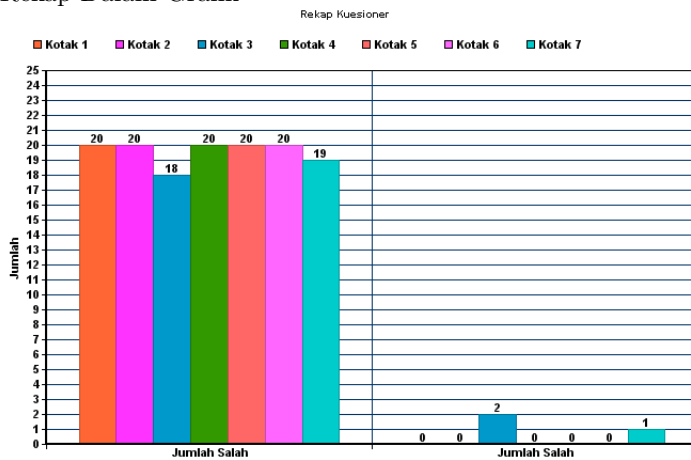
- [1] R. K. Megalingam, "Efficient patient monitoring for multiple patients using wsn," in *Advances in Mobile Network, Communication and its Applications (MNCAPPS) International Conference*, 2012.
- [2] G. L and A. D. Cecil, *Textbook of Medicine*. Philadelphia: Saunders Elsavier, 2007.
- [3] M. Elliot, "Critical care: The eight vital signs of patient monitoring," *British Journal of Nursing*, vol. 21, no. 10, pp. 621–625, 2012.
- [4] T. Piper, "Stedman's medical dictionary for the health professions and nursing."
- [5] "Temperature." [http://www.atitesting.com/ati\\_next\\_gen/skillsmodules/content/vital-signs/equipment/temperature.html](http://www.atitesting.com/ati_next_gen/skillsmodules/content/vital-signs/equipment/temperature.html). Diakses pada: 2015-05-18.
- [6] S. Mukherjee, "Patient health management system using e-health monitoring architecture," in *IEEE International Advance Computing Conference*, 2014.
- [7] "e-health sensor platform v2.0 for arduino and raspberry pi [biometric / medical applications]." <http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>. Diakses pada: 2015-05-18.
- [8] "E-health library for arduino." [https://www.cooking-hacks.com/media/cooking/images/documentation/e\\_health\\_v2/eHealth\\_arduino\\_v2.3\\_SP02.zip](https://www.cooking-hacks.com/media/cooking/images/documentation/e_health_v2/eHealth_arduino_v2.3_SP02.zip). Diakses pada: 2015-07-02.
- [9] "What is an embedded system." <http://web.eecs.umich.edu/~jfr/embeddedctrls/files/Lecture1.pdf>. Diakses pada: 2015-05-18.

## LAMPIRAN

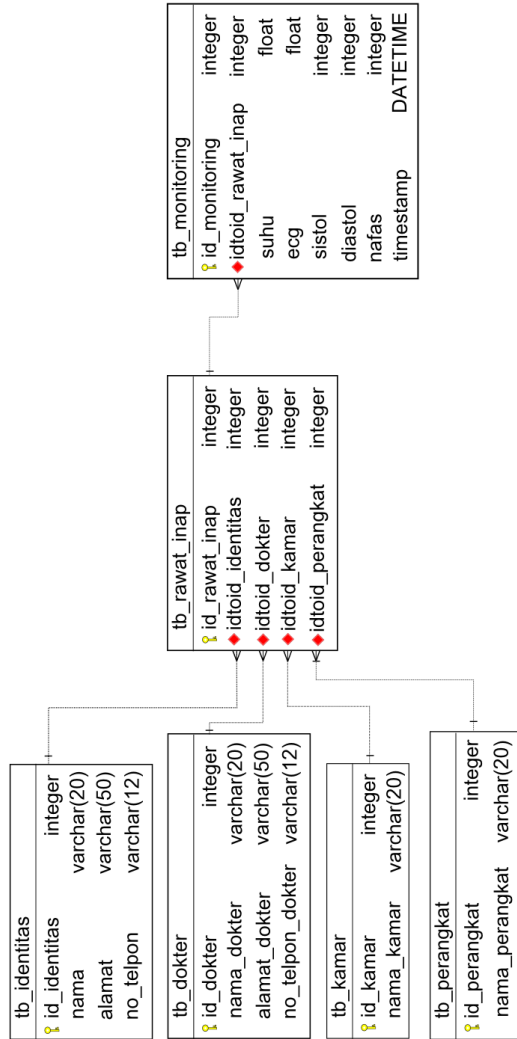
### Rekap Kuesioner

Pertanyaan ke-	Jumlah Benar	Jumlah Salah
1.1	20	0
1.2	20	0
1.3	18	2
1.4	20	0
1.5	20	0
1.6	20	0
1.7	19	1
2	9	11

### Rekap Dalam Grafik







Gambar 5.1 Implementasi ERD pada Database

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Muhammad Fajariansyah Ismail. Pria yang akrab dengan panggilan Fajar ini lahir di Jakarta pada tanggal 21 Januari 1994. Penulis menamatkan Sekolah Dasarnya di SD 004 Balikpapan. Kemudian melanjutkan SMP di SMP Muhammadiyah 5 Surabaya. Selanjutnya penulis lulus SMA di SMA Negeri 9 Surabaya. Setelah SMA, penulis melanjutkan kuliah di Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya. Selama perkuliahan, penulis aktif di Lembaga

Dakwah Jurusan Kalam Teknik Elektro ITS sebagai Staff Departemen Syiar dan Asisten pada Laboratorium B201 Telematika Teknik Elektro ITS pada tahun 2012/2013. Kemudian pada tahun 2013/2014 Penulis melanjutkan aktifitasnya sebagai Sekretaris Umum di Kalam Teknik Elektro ITS dan juga sebagai Wakil Koordinator Asisten di Laboratorium B201 Telematika Teknik Elektro ITS. Penulis saat ini tertarik dengan penelitian mengenai *Ubiquitous Computing* khususnya di bidang biomedik.